

# パケット無線の歩みと PRUG の紹介

JK1FNL 小林直行 nao@jk1fnl.prug.or.jp

本稿は、今回の京都ミーティング各発表のパックグラウンドを知り、理解を深めていただくことを目的としています。

はじめに、パケットラジオの歩みについて簡単に触れます。続いて、PRUG( Packet Radio User's Group ) の紹介を兼ね、インターネットをテーマとした PRUG の活動を紹介していきます。

## 1 . パケットラジオ

### 1.1 パケットラジオとは

アマチュア無線を使ったデータ通信の取り組みは、無手順モデム( ~300bps )などを使って、1970年代後半から行われていました。

しかし、アマチュア無線では、商用の通信網のように確実に通信ができることよりも、より遠くの、そしてよりたくさんの局と交信できることが重要視されてきました。したがって、いつでも通信状態がよいとは限らず、むしろ混信や雑音のなかで通信を行ってきたという歴史があります。そのような状況で、何の誤り検出・訂正の手段をとらずにデータ通信を行うことは、実用的ではありませんでした。

1980年、VADCG<sup>1</sup>により TNC が開発され、アマチュア無線による本格的なデータ通信が行われました。

1982年には、TAPR<sup>2</sup>により TNC<sup>3</sup> ( TNC-1 ) の開発されました。これは、後述する AX.25 プロトコルを搭載したものです。その後、廉価版の TNC ( TNC-2 ) が発表され、たいへんな速度で普及が進んでいくことになります。

TNC を用いたアマチュア無線の新しいデータ通信の手段は、パケット通信、パケット無線、パケットラジオなどと呼ばれるようになりました。本稿では、パケットラジオという言葉を使っていくことにします。

### 1.2 日本におけるパケットラジオの普及

日本では、1985年頃から普及が始まりました。同年に発売された Communication Design 誌 ( CQ 出版 ) で前後編 2 回にわたり AX.25 と TNC-1 が特集されたのが、一般に紹介された最初でしょう。アマチュア無線専門誌ではなかったことに注目したいと思います。

同年 10 月発売の HAM Journal 誌 ( No.43 ) で

は、「AX.25 とデジタル通信」が特集されました。

ここには、TNC-2 が紹介されているほか、ふたつの注目すべきハードウェアが取り上げられています。

ひとつは、PARNET<sup>4</sup> TNC です。これは、AX.25 のプロトコルを実装した、純国産の TNC です。JE1WAZ 米澤氏らにより開発されました。開発グループ PARNET は、PRUG の前身ともいえる存在です。

もうひとつは、GLB 社の PKT-1 です。AX.25 を実装しているものの、TAPR とはまったく異なるコマンド体系を持つ TNC でした。ひとことでは、パソコン等の端末からの制御を前提とした設計です。後に TNC-2 が KISS モードを実装することによって行おうとしていたことを先取りしていたといえるかも知れません。

TNC-2 のライセンス品、PK-80、TNC-200 等が発表された 1996 年あたりから、運用局が増加していきました。

ちなみに、当時のパソコンは、Z80、6809、6502、8088、8086 といった CPU が使われていました。RS-232C インターフェースや漢字表示のためのハードウェアがオプションとなっていた機種があった時代でした。

また、当時の電話用モデムは 300bps が主流です。1200bps ( 実質 300bps 程度 ) というスペックは、電話回線によるデータ通信と遜色ないレベルであったことは重要です。

### 1.3 AX.25

パケットラジオリンク層プロトコルとしてアマチュア無線独自の AX.25 を採用しました。これは、X.25 をもとにして、アマチュア無線用に変更を行ったものです。以下のような特徴を持っています。

- ・有線と無線の違いを考慮
- ・アドレスとして、アマチュア無線局のコールサインを使用
- ・経路を指定することにより、自動的にパケットを中継するデジピート機能をサポート

### 1.4 パケットラジオとネットワークプロトコル

パケットラジオによるネットワーク構築の取り組みもいくつか行われました。

<sup>1</sup> Vancouver Amateur Digital Communication Group

<sup>2</sup> Touson Amateur Packet Radio

<sup>3</sup> Terminal Node Controller

<sup>4</sup> Packet Amature Radio NETWORK

NET/ROM は、TAPR の TNC のファームウェア（ソフトウェアが組み込まれた ROM）の形で Software2000 社からリリースされた製品です。日本でも、かなりの台数が動き、ネットワークが構築されました。また、後に TheNet, G8BPQ node switch, MSYS, KA9Q パッケージといった PC で動作するパケットラジオ用ソフトウェアに、NET/ROM 機能が組み込まれました。

KA-Nodes は、カントロニクス社の TNC に実装されたネットワーク機能です。

1987 年頃から TCP/IP によるネットワークも構築され始めました。詳しくは後述します。

### 1.5 転送型 RBBS システム

アプリケーションレベルでネットワークが構築された例もあります。WORLI が作成したメールボックスプログラムに起源を持つ FWD-NET が代表的な例です。

メールボックスシステムを RBBS<sup>5</sup>として転用し、さらにはメールやニュースを RBBS 間相互に転送できるようにしたものです。独自のメールアドレス体系を使用しています。転送型 RBBS プログラム、クライアントプログラムともに多数が存在します。RBBS からのメールの受け取り用に、TNC でメールボックス機能をサポートした例もあります。

FWD-NET 以外にも、転送型 RBBS システムは、VAP-NET、MO-NET など、いくつかあります。

## 2 . PRUG によるインターネットへのアプローチ

### 2.1 PRUG とは?

PRUG はパケットラジオの研究グループです。1985 年頃から活動開始しました。

会員制は取っておらず、ネットワークや月例ミーティングを通じて、緩やかにまとまっているグループです。

パケットラジオだけにこだわるのではなく、1988 年ごろからインターネットの世界にも関心を持ち活動を行ってきました。

PRUG の活動は、インターネットの個人利用という面から考えると、PRUG の活動は JUICE と並び、日本における先駆けであったといえます。

誇るべき点は、パケットラジオの世界で、数々の成果をあげてきたということよりも、常にその成果を広める努力を続けてきたということであると考えます。

PRUG は、何かプロジェクトを行うときは、

PRUG という組織が何かを決めて、それに従ってプロジェクトを進めていくという方法はとりません。メンバー各自がプロジェクトを提案し、ミーティングやネットワークで協力者を募りながら、進めていくという形をとっています。情報を抱え込むのではなく、オープンにすることで、より大きな成果をあげてきました。

「いいだしっぺの法則」

「やるんならやれば～」

「動くものを持ってきたヤツが偉い」

これだけではどのような意味かはわからないと思いますが、発表で触れることにしましょう。

### 2.2 インターネットへのアプローチ

そのような、PRUG のプロジェクトを、インターネットへのアプローチという視点からまとめてみました。

#### 2.2.1 オープンシステムの運用

PC-UNIX が大流行の昨今ですが、いまのブームは 1994 年頃の 386BSD の発表がもとになっているのではないのでしょうか。

まだ UNIX が動く環境になかなか手が届かなかった 1996 年頃に、パケットラジオ用に UNIX の環境を開放しました。JR1VMX 井上氏によるものです。これは、透過モードにした TNC を UNIX マシンのシリアルインターフェースに接続したものです。TNC を介して、自分のパソコンを UNIX の端末とすることができたわけです。

最初は、BBS も何もない状況だったのですが、パケットラジオを介してアクセスしてくるユーザーの手によって、いつの間にかソフトウェアが作られ、利用されるようになっていきました。

また、OS/9-68k (JE1TEA 大内氏による)、MS-DOS (JI1FGX 上野氏らによる)によるオープンシステムも運用されました。

#### 2.2.2 KA9Q パッケージの移植

1986 年頃、TCP/IP をパケットラジオで実現するソフトウェア (KA9Q インターネットパッケージ) が、KA9Q Phil Karn 氏により発表されました。日本では、1987 年 8 月に開催された「パケット通信コンファレンス」で始めて紹介されています。

KA9Q パッケージは、IBM PC 互換機で動作しました。しかし、当時 (DOS/V 登場前) の PC 互換機は、日本ではたいへん高価でしたし、日本語の処理性能も十分とはいえませんでした。代表的な国産パソコンであった PC9801 シリーズへの移植が行われたことで、日本での普及が始まりました。

最初の移植作業こそ PRUG によるものではありませんでしたが (JK1NNT 山田氏による)

<sup>5</sup> Radio Bulletin Board System

1988年、PRUGのJR3KEG山内氏、JK1LOT横田氏によってMS-DOS汎用に移植が行われました。その後も両氏やJF2CEX小路氏、JP1FOC保坂氏、JN1BWQ吉田氏らによるバージョンアップが続けられることになりました。

また、日本語対応MS-DOS汎用メーラーソフトをJK1RJQ松島氏、JK1LOT横田氏らが開発しています。

### 2.2.3 AMPRnetの構築

1200bpsでは、実用性が疑問視されましたが、運用方法によって解決を図ることで、実用性も十分であることがわかりました。また、TCP/IPのパケットをリアルタイムでモニターできたことから、文字通りTCP/IPを体得したひとが多かったようです。

当時、TCP/IPに関する日本語の解説書はほとんどない状態でした。洋書も数は多くありませんでした。N3EUAによってかかれたドキュメントとともに、KA9Qパッケージそのものが、TCP/IPの、もっともよい解説書だったといえるでしょう。

1エリアを中心に徐々に運用局が増え、1988年夏頃には、パケットラジオによるTCP/IPネットワークAMPRnetが誕生しました。

### 2.2.4 寺子屋ニュースシステムの開発

KA9Qパッケージには、FTP、SMTP、TELNETが実装されていました。しかし、ネットワークニュースの転送機能は用意されていませんでした。

そこで開発されたのが、JK1LOT横田氏、JK1RJQ松島氏、JE7LQS渡部氏らによるニュースシステムの開発です。インターネットの世界で使われていたニュースシステム（BnewsやCnews）がモデルになっていました。ニュースを「読む」、「書く」、「配信する」役割のソフトウェアをyomi、kaki、sorobanと名付けたことから「寺子屋ニュースシステム」（あるいは単に「寺子屋」）と命名されました。

amprをトップレベルとするニュースグループが作られました。ニュースグループの新規作成は、参加者であれば誰もが行うことができ、数十のグループが作られることになりました。

また、パソコンでUUCPを行うためのソフトウェアUUCPと組み合わせることで、JJ1BDX力武氏によってモデファイされ、Terakoya-Uという名前で、インターネットの世界にもフィードバックされました。

JS1CPW上出氏によるyomiとkakiの機能を合わせ持ったyomikakiやJF2OSM滝川氏によるDokusho for Windows（MS-Windows用）も開発されました。

### 2.2.5 ソフトウェア配布とドキュメント集出版

寺子屋により、FTPによるファイル転送、SMTPによるメール転送、TELNETによるリモートログインに加え、ネットワークニュース転送が実現しました。

当時はインターネットの世界でも、UUCPによるメールやニュースの転送が主流でした。ほぼ同様のサービスが実現できたこととなります。

寺子屋をより使いやすくするためのソフトウェアもつぎつぎに開発され、専用のニュースグループで配布されました。

また、ミーティングやハムフェアの会場、そして郵送などの手段によって、KA9Qパッケージや寺子屋システムを積極的に配布しています。

また、1991年には、JK1FNL小林により、運用マニュアルがフリードキュメントとしてまとめられました。ネットワーク上で公開された後、「寺子屋運用の手引き」として自費出版されています。

「寺子屋運用の手引き」は、KA9Qパッケージのコマンド解説などを加筆した上で、1993年秋にCQ出版社より「実践パケット通信コンピューター・ネットワーク」として発売されました。「趣味としてのインターネット技術の個人利用」をテーマにした書籍としては、日本で最初ではないでしょうか。

その他にも、1992年には、PRUG会報の合本を、自費出版しています。また、アマチュア無線専門誌の連載コラムを担当しました。

- ・CQ ham radio（～1999.2）
- JN1OLJ、JJ1BDX、JR1VMX、JG6GIH、JR3KEG、JF1LZQ、JK1FNLらによる
- ・モービルハム（～1991.6）
- JE1WAZ、JK1RJQ、JF1LZQ、JK1FNL
- ・SRハムラジオ（初歩のラジオ）
- JG6GIH

### 2.2.6 ハードウェアの開発

AMPRnetの構築が進むにつれ、メールやニュースの量も増えていきました。また、FTPやTELNETをもっと活用したり、新機能として追加されてくるTCP/IPのプロトコル群を実験してみたいという要求も生まれてきました。そのためには、1200bpsでは遅すぎます。高速接続を求めて、以下のようなハードウェアの開発・実験を行いました。これらは、いずれも免許を得たうえでの実験です。

- ・V.29による9600bpsモデムの開発。
- FAXのジャンクを活用。
- ・FM-TVの技術を応用した10Mbpsの実験。
- 10GHzガン発振器（JI1FGX）
- 1.2GHz FM-TV送信機（JK1FNL）

- ・直接変調方式による 8Mbps の実験。  
IC-1200 改造 (JS1DCF)
- ・64kbps TNC の開発  
TNC-Z (JE1WAZ & XYL)
- ・768~800kbpsRF モデムの開発  
(JN1JDZ)
- ・PRUG96 プロジェクト

### 2.2.7 IP アドレスの割り当てを受ける

アマチュア無線用として、クラス A 相当のアドレスが割り当てられています。44.0.0.0/8 です。日本にも割り当てを担当するコーディネータがいましたが、アドレスを積極的に配ろうとはしていなかったのが実情でした。

また、IP アドレスとは直接関係ありませんが、ドメイン名をどのようにするかで論争も起こっていました。この論争は、「他の日本のインターネット参加組織に対して金銭的な損害を与えないように、非公式なドメイン名を使用したほうがよい」という意見と、「あくまでも公式なドメイン名を使用する」という意見の対立でした。

日本のインターネットがボランティアに頼っていた黎明期であったがゆえの問題であるといえます。

そこで、問題解決の手段として PRUG は、1990 年 1 月にクラス B のアドレス 133.168.\*.\* とドメイン名 prug.or.jp を取得しました。

PRUG は、JN1LFD 於保氏、JN1BWQ 吉田氏らが中心となり、対外的にはきちんとしたインターネット参加組織としての顔も持つことになりました。

### 2.2.8 UNIX マシンの導入と UUCP ネットワークの構築

1990 年夏頃から、中古の UNIX マシンがパソコン並みの価格で入手可能となりました。Sun や NEWS などです。

数 10 名が相次いで購入することとなりました。さっそく、公衆電話回線と UUCP を用いたネットワークが構築されることとなりました。

このネットワークは、パケットラジオを用いた AMPRnet と区別する意味で、PRUGnet と呼ばれるようになりました。

PRUGnet を通じて、遠隔地とのメール交換、ニュース交換も開始されました。

### 2.2.9 JUNET との接続

1990 年 7 月に JR1VMX 井上氏が所有する、jh1ynw (という名前が付けられたコンピュータ) が、JUNET に接続されました。

JUNET は、UUCP によるメール/ニュースのネットワークです。当時の日本においては、JUNET への接続がすなわちインターネットへの接続であったといえるでしょう。

この時点で、PRUG が正式にインターネットに参加したことになります。

PRUGnet と JUNET の接続は、東京大学の某研究者 (当時) のご理解、ご協力があって、東京大学と接続するという形で実現しました。

ただし、海外とのメールのやり取りは、課金の問題で迷惑をかけないように配慮して、JJ1BDX 力武氏のサイトを経由することとなりました。

### 2.2.10 インターネットプロバイダとの接続

1993 年、日本でも ISP によるサービスが開始されました。学術研究、ボランティアによる運用がなされていたインターネットに大きな転機が訪れることになりました。費用の負担さえできれば、誰でもインターネットに接続可能になったわけです。

PRUG も ISP 経由でのインターネットへの接続を計画しました。いつまでも接続先の好意に頼ってばかりはいられないことと、UUCP 接続ではなく、IP 接続が可能となるのが魅力的だったことがあげられます。

有志による研究会がもたれたあと、とりあえず 2 年分の費用を出し合って、1993 年から専用線を確保してのインターネットとの IP 接続が始まりました。

ひとりあたり年間 20 万円を出資して、JN1BWQ 吉田氏のサイトの IP 接続をサポートすることになりました。同時に、PRUGnet 内でも、専用線、ISDN (ネットワーク型ダイヤルアップ接続) による IP 接続が行われるようになっていきました。

### 2.2.11 WWW サーバーと CU-SeeMe リフレクタ

1994 年に、WWW の普及が始まりました。PRUG では、ハムフェアを前に、Web ページを作成し、インターネットで公開しました。

また、WWW をハムに紹介することも行いました。ハムフェア'94 会場とインターネットを ISDN で結び、ハムフェアの会場の様子をリアルタイムで発信したのです。

さらに、ハムフェア'95 では、ビデオ会議システム CU-SeeMe のデモンストレーションを行いました。Reflector を用意し、ハムフェア会場の様子を生中継しました。海外からのハムからもアクセスがありました。

## 2.3 無線技術への回帰

AMPRnet の構築が始まった 1988 年頃は、個人でのインターネット接続自体が大きな目的であり、目標でした。当時は、IP 接続されている例は少なく、ほとんどが UUCP 接続でした。

その UUCP 接続でメールやニュースのやり取りができるのも、JUNET に接続された大学、研

究機関、企業などに所属する一部のひとだけでした。個人が、趣味としてインターネットへ接続することは、一般的ではなかったのです。

したがって、ネットワークの個人利用をテーマにインターネットへの接続を目指していくこと自体、技術的にも面白く、十分意義のある研究・実験テーマでした。

また、インターネットに接続することでインターネットの世界に触れ、学び、その利用技術を磨くこと自体も重要でした。

インターネットへの接続が、誰でも可能となってきたいま、PRUGでは無線を使ったネットワーク技術に対する関心や期待が、改めて高まってきました。そして開始されたのが、「PRUG96 プロジェクト」なのです。

技術的なことは、他の発表に譲るとして、アマチュア無線とインターネットの接続自体について、考えてみることにしましょう。

### 3. パケットラジオとインターネットの今後

#### 3.1 パケットラジオ回線の特徴

パケットラジオとインターネットの関係を考える前に、パケットラジオの通信回線としての特徴を確認しておきましょう。

##### 3.1.1 費用

アマチュア無線で接続する限り、必要な費用は、わずかな電気代だけです。しかし、インターネットへの接続を行う限り、ネットワークのどこかで、接続料、通信料がかかってしまうことには変わりはありません。

##### 3.1.2 伝送速度

容易に入手できる製品で比較すると、パケットラジオよりも電話回線のほうが高速です。28.8~56kbps、さらにはINS64による64kbps、128kbpsといった通信速度が一般的になっている電話回線に対し、パケットラジオは1200bps、あるいは9600bpsです。しかも、送受信を切り替えながら、混信のなかで通信するパケットラジオでは、1200bpsといっても実質的に300bps程度となり、中継を行うとさらに速度は落ちてしまいます。

ただし、前述のように64kbpsや768kbpsを実現するハードウェアの実験結果がリポートされています。近距離のPoint to Pointであれば、この速度の実用性はあるといえます。近い将来、メーカー製のハードウェアが発売されれば、これら的高速パケットラジオが爆発的に普及することになると予想します。さらに高速のMbpsオーダーの伝送速度も不可能ではありません。

パケットラジオは、速度の面で電話回線以上と

なりうる可能性を持っているといえます。

#### 3.1.3 通信の秘密

アマチュア無線回線に対しては、電話回線のように、通信の秘密を守ることはできません。

アマチュア無線では、他の局に対する通信を、受信することが可能です。また、電波法令で暗語の使用が禁止されているため、暗号を使うわけにはいきません。通信の秘密は一切ないと考えるべきでしょう。

ただし、何らかの手段でユーザの認証を行う手段を用意することは、パケットラジオでも検討すべき事項であると考えます。他人に成りすましての情報発信を防ぐことが重要であるというのが理由です。

#### 3.1.4 信頼性

通信の信頼性に対しても、電話回線とは比べれば、「ない」といってよいでしょう。ひとつの周波数を複数の局で使用するので、混信により通信ができなくなる可能性もあります。また、中継経路となっている他のサイトが、勝手に電源を落としてしまうこともあることでしょう。

伝送のための帯域（通信速度）が保証されないばかりか、接続さえ保証されないことになりません。

#### 3.1.5 通信内容

ただし、アマチュア無線のAUPとして、以下のようなものがあると考えられます。

##### ・電波法令

電波法令に反する内容の通信はできません。したがって、金銭上の利益を目的とする通信や、わいせつな内容の通信は行ってはなりません。

##### ・アマチュア無線運用規範

アマチュア無線家が、アマチュア無線を趣味として楽しんでいくうえでの紳士協定として、JARLが制定した「アマチュア無線運用規範」があります。

##### ・パケット通信とRBBSに関するガイドライン

JARLでは、「パケット通信とRBBSに関するガイドライン」を制定しています。文中に、「RBBS（TCP/IP、メールボックス等含む）」という部分があります。TCP/IPとは、TCP/IPプロトコルで動いているメールシステムやニュースシステムのことと素直に解釈しておきましょう。

1(3),(4)は、解釈の仕方によっては、パケットラジオの通信内容を著しく制限することになりますが、パケットラジオ以外のアマチュア無線でどのような会話がなされているかを思い浮かべればよいでしょう。

## 3.2 アマチュア無線家は、インターネットとの接続を歓迎するのか

### 3.2.1 一般のインターネットユーザとの意識の違い

アマチュア無線を運用するためには、免許を得なくてはなりません。関係する法律の知識を持ったひとが、技術的興味により運用をしているわけですから、いままで説明してきたようなアマチュア無線の特徴や AUP は、容易に理解、判断できるはずで

す。問題なのは、アマチュア無線家以外の、一般のインターネット・ユーザの存在です。仮にアマチュア無線がインターネットの一部となっていたとしても、一般ユーザには、アマチュア無線の AUP を知るすべがありません。

それどころか、一般ユーザは、目的とするサイトへの経路に、アマチュア無線回線が接続されていても、それを意識することはあまりないでしょう。

結果として、アマチュア無線の AUP に反した内容の通信が行われてしまうことは、十分にありえます。たとえば、アマチュア無線回線を通して、ビジネス目的のメールが届くということも考えられることとなります。

また、一般ユーザのプライベートな情報が、誰が受信しているかわからない電波で流れてしまうかも知れません。これは、かなり大きな問題ではないでしょうか。

### 3.2.2 アマチュアバンドがインターネットに乗っ取られてしまわないか

さて、もうひとつ問題となりそうなのは、「アマチュア無線家の魂」あるいは「ハム・スピリット」といったようなものです。

一時期、スキー場で、仲間との連絡だけにしかアマチュア無線を使わないハムに批判的な声があがったことがあります。スキー場でしか運用しないのと同様に、インターネットの接続だけを目的としてアマチュア無線を運用するひとが急増するような状況を考えてみるとどうでしょう。そのような状況は、旧来のアマチュア無線家に受け入れられるのでしょうか。非常に難しいのではないのでしょうか。

### 3.2.3 問題は、「接続したい」のか、「したくない」のか。

それでは、はじめから実現性なし、検討の意義なしとしてしまってもよいのでしょうか。

ここで、少し話はそれますが、裁判官の役割についてお話しておきましょう。裁判官は、厳密に法に照らし合わせ、物事の是非を判断する存在と思われがちですが、実際は違うそうです。

裁判官の役割は、「法律に照らして何が正しく何が間違っているかを判断すること」ではなく、「その時の社会の構成員の大多数が納得できる結論を、いかに法律に矛盾しない形で導くか」だそうです。

非営利であることから電気通信事業ではないという解釈で運営されていた JUNET という先例もあります。グレーな存在だといわれ続けたパケットラジオや RBBS も、日本のアマチュア無線の世界にすっかり定着しました。

そのように考えると、パケットラジオとインターネットの接続を検討していくためにはじめに必要なことは、「アマチュア無線家として、接続をしたいのか、したくないのか」を考えることにあるのではないのでしょうか。

そして、接続したいと考えるのなら、次は、「どのような接続のしかたなら、大多数が納得できるのか」を考えていくことのように思います。

これは、社会との十分なコンセンサスを得たうえで動き始めようということではありません。社会の大多数のひとが納得できるストーリーを用意した上で走り出す、もしくは走りながら考えていきましょうということなのです。

JK1FNL 小林直行(こばやしなのおゆき)  
(株)インターネット総合研究所

雑誌連載

1989～1991 モービルハム「Internet」

1992～1999 CQ ham radio「Packet Radio Today」

1995 Internet User「アマチュア無線で IP 接続」

著書

「元祖アマチュア無線用語・用例早わかり」 誠文堂新光社 1985

「寺子屋運用の手引き」 おちゃねっと出版局 1991

「実践パケット通信コンピューター・ネットワーク」 CQ 出版社 1993

「ハムのための PC&Windows 活用ガイド」 共著 CQ 出版社 1993

「Linux 活用入門 データ コミュニケーション・ツールとして UNIX を活用する」 CQ 出版社 1995

「Linux 活用入門(改訂版) イントラネット, SOHO システムを構築!」 CQ 出版社 1997

「パケット無線&TCP/IP」 CQ 出版社 1998

「インターネットで融合する次世代ネットワーク」 インターネット総合研究所編著 共立出版 1998

「図解 通信のしくみ」 監修 ナツメ社 1998