

2006 年度卒業論文

山田正雄ゼミナール

通信業界の変貌

～ 電話網から I P 網へのシフト～

日本大学法学部 政治経済学科 4 年

学籍番号：0320061

門川 雄馬

はじめに

私が IP 電話に興味を持った理由は、単純に「なぜ無料通話可以实现できるのであろう」ということと、逆に「なぜ一般電話はこんなにも通話料が高いのか」という素朴な疑問からだった。現在はこの論文を通じて、IP 電話に利用者が求めていることは何であるかを突き止め、なるべく多くの方に IP 電話について理解してもらい、今後の発展について興味を持ってもらいたいと思っている。

第 1 章では NTT の歴史を背景に、一般電話から IP 電話へと移り変わる様子を論じている。

第 2 章では、VoIP という新しい技術を用いた IP 電話の仕組みについて、一般電話の仕組みと比較しながら論じている。また、最終節には最近話題となっているインターネット電話である Skype についても少しふれている。

第 3 章では、IP 電話を導入するにおけるメリットを、第 4 章では、逆に IP 電話の課題であるデメリットについて論じている。

第 5 章では、IP 電話を導入する上でもっとも効果のある企業について、その導入方法と実際に導入した企業の実体例、そして最後に注意点を挙げて論じている。

第 6 章では、IP 電話の将来性について述べ、この論文を締めくくりたいと思う。

- 目次 -

はじめに	1
1 一般電話から IP 電話へ	4
1.1 NTT の誕生	4
1.2 独占企業と化した NTT	5
1.2.1 施設設置負担金	5
1.2.2 付随サービス料金	6
1.2.3 東西交付金制度	6
1.2.4 精算制度	6
1.3 ISDN から ADSL そして光ファイバーへ	7
2 IP 電話の仕組み	8
2.1 IP 電話とは	9
2.2 一般電話網と IP 電話網との違い	9
2.2.1 一般電話の仕組み	9
2.2.2 一般電話網の仕組み	10
2.2.3 IP 電話の仕組み	11
2.2.3.1 アナログ音声	12
2.2.3.2 サンプリング・量子化・符号化	12
2.2.3.3 圧縮	15
2.2.3.4 フレーム化	15
2.2.3.5 パケット化	16
2.2.4 IP 電話網の仕組み	16
2.2.4.1 IP 網はパケット交換ネットワーク	17
2.2.4.2 IP 網におけるルーティング	17
2.2.4.3 データの到達を保障	18
2.3 IP 電話とインターネット電話	19
3 IP 電話導入のメリット	21
3.1 一般電話の課金システム	21
3.2 IP 電話の課金システム	22
3.2.1 IP 網のみを使用する接続	23
3.2.2 IP 網と公衆網を経由する接続	23
3.2.3 異なる IP 網間の接続	24

3.2.4	IP 網を使わない接続	24
3.3	料金比較	24
4	IP 電話の課題	26
4.1	音声品質	27
4.1.1	データの遅延及びその対策	27
4.1.1.1	送信側 VoIP ゲートウェイ内の遅延	28
4.1.1.2	IP 網内の遅延	28
4.1.1.3	受信側 VoIP ゲートウェイでの遅延	29
4.1.1.4	遅延対策	30
4.1.2	ジッタ及びその対策	31
4.1.2.1	ジッタの発生	31
4.1.2.2	ジッタ対策	32
4.1.3	エコー及びその対策	32
4.1.3.1	エコーの種類	32
4.1.3.2	エコー対策	33
4.2	IP 電話の番号	33
5	企業での IP 電話導入	35
5.1	IP 電話の分類	35
5.1.1	VoIP ゲートウェイ方式	35
5.1.2	IP-PBX 方式	36
5.1.3	IP セントレックス方式	37
5.1.4	モバイルセントレックス方式	37
5.2	IP 電話導入のメリット	38
5.2.1	経費面でのメリット	38
5.2.2	組織面でのメリット	38
5.2.3	業務効率面でのメリット	38
5.3	IP 電話導入事例	39
5.3.1	企業事例 『ワタミ』	39
5.3.2	企業事例 『大阪ガス』	40
5.4	注意事項	41
5.4.1	IP 電話システムにおける FAX 伝送方法	41
5.4.2	セキュリティ問題	43
6	IP 電話の未来	45

6.1 IP 電話の普及率	45
6.2 ユニバーサルサービスの実現	47
おわりに	48
参考文献・URL 一覧	49

1 一般電話から IP 電話へ

1.1 NTT の誕生

1985 年 4 月、3 公社(国鉄・専売公社・電電公社)の 1 つである日本電信電話公社(電電公社)の民営化によって、従業員 32 万人、資本金 7800 億円という日本最大の株式会社 NTT が誕生した。その背景には、電電公社が 1976 年 11 月に電話料金を 1 度数あたり 7 円から 10 円に値上げするなど、平気で値上げに頼って、収支の辻褄を合わせようとする体質や、コスト意識の低減、相次ぐ不祥事、そして何よりもこのままでは赤字に転落してしまう危険性が原因にあったためである。

国営時代に培った「洞道」(注 1) や「管路」(注 2) といった設備や電話局のように通信機器を収容するビルを全国に 1 万以上も持つ建物、極めつけは電電公社時代に手に入れた顧客情報など、とても 85 年の通信自由化によって新規参入した民間企業(DDI や日本テレコム)では手に入れることが出来ないものを、初めから手にしていた NTT が、今日まで通信部門を牛耳る巨大独占企業となっていることは当然である。それを裏付けるものとして、1976 年の料金改定(3 分 7 円から 10 円へ)から 2001 年の料金改定(3 分 10 円から 8.5 円)まで、なんと 25 年間も料金改定がなされていなかったことは、現在の価格競争からは考えられないことである。「公正な競争原理こそが価格競争を生み、消費者にとって有益なものになる」と再三独占企業と成り果てた NTT に対して「分離・分割」を求めてきた郵政省は、とうとう 1999 年 7 月、長距離通信会社に国際通信進出を認めることを条件に NTT の分離・分割を合意させた。しかしその結果は、NTT を持ち株会社(注 3) とする地域通信部門の NTT 東日本・NTT 西日本、長距離通信部門の NTT コミュニケーションズ、移動通信部門の NTT ドコモ、システム開発部門の NTT データの 5 社に分離・分割しただけであって、結局 NTT が他の 5 社の株式の大部分を保有する形となり、全く本質が変わっていないものとなってしまった。

同じようなことが実はアメリカでも起きていて、AT&T という電話会社が反トラスト法違反、いわゆる独占禁止法違反の経緯で分離・分割に追い込まれた。この分割は文字通りの分割で、日本の NTT に対して許されたような、持ち株会社を設けて結束力を保つなどという中途半端なことは、認められなかった。新たに誕生した会社それぞれに、資本関係

の完全な分離を義務付けることはもちろん、人的交流や営業の補助、資金の内部補助なども徹底的に禁止された。実際の営業活動でも、各社がお互いにライバルとなることを強いていた。しかし、その結果は、同社の資産は 1495 億ドルから 340 億ドルとほぼ 5 分の 1 弱に、人員は 101 万人から 37 万人と 3 分の 1 近く激減し、企業規模は格段に小さくなったにも関わらず、この分割は災い転じて福となすかのように、後に大成功であったと評価されるようになった。なぜなら、この分割による他社とのライバル競争がこの業界に新しい風を吹き流し、新技術の介入、コストダウンの成果などから、AT&T 社の売上高は分割前の 651 億ドルから、分割 15 年後は 1662 億ドルと約 2.5 倍にも膨れ上がり、時価総額に至っては、600 億ドルから 4689 億ドルと約 7.8 倍にも膨れ上がった。もちろん、消費者利益もしっかりと実現し、当時日本で東京 - 大阪間の長距離電話料金が 1 分 50 円前後であったのに対し、ニューヨーク - ロサンゼルス間の通話料はその 20 分の 1 とか、30 分の 1 という格安の料金であった。

このように同じ分割であっても、NTT と AT&T とでは大きな違いがある。消費者のためにも今後 NTT グループの独占といった形を維持するのではなく抜本的な改革が必要である。

1.2 独占企業と化した NTT

1985 年の民営化以降、1999 年にグループ化した NTT は、世界の通信会社ではその売上高はトップとなり、日本でもトヨタと 1・2 位を争うほどの巨大企業と化した。固定電話の地域網に関しては NTT 東西合わせて全国の 98% のシェアを握っており、またいくつかの NTT 保護策が成立し競争力のないものとなってしまった。

『経済協力開発機構 (OECD) の「2003 年版通信業概観」によると、日本の固定電話料金は家庭用も業務用も依然として「先進 30 ヶ国の中でメキシコに次ぐ 2 番目の高水準」で高止まりしている。加えて、NTT 東日本と NTT 西日本は、諸国であれば無料のナンバーディスプレイのような付随サービスまで有料サービスとしているのが実状だ。外国政府や外国系通信事業者は、「価格を低く保つ競争が欠如している」ことが原因であり、「競争環境を確立することにより、大きな経済的利益が生み出せる」と主張してきた。』(注 4)

ここでは、いくつかある NTT に対する政府の保護策を紹介しておきたいと思う。

1.2.1 施設設置負担金

まず 1 つは、日本のユーザーにとって非常に重い負担となっている「施設設置負担金」(電話加入権)がある。料金的には 1985 年の 7 万 2 千円から 2005 年の 3 万 6 千円に落ち着いたが、何よりも見逃せないのが、日本のように一時金で徴収する例が、米国、英国、フランス、ドイツ、スイスなど他の先進国ではどこにも存在しないことだ。これまで、NTT や電電公社が集めた施設設置負担金は総額として 4 兆 7 千億円のぼり、加えて、旧電電公社が政府保証の電信電話債券で 6 兆 2 千億円を調達した 11 兆円近くの資金を、NTT は先ほど述べた洞動や管路など通信網建設費の一部に使ったと認めている以上、通信網とは利用

者の負担と税金で作られた国民の財産だといえる。ところが、消費者がこうした通信網を、電話だけでなく ADSL にも転用しようとする、通信料とは別に月額回線使用料や契約料など追加支払いを要求される。ADSL は電話と同じ回線を周波数を変えて使用しているのだが、利用者は同じ回線に料金を 2 度支払っていることになる。しかも、その電話加入権を NTT は買い戻してはくれない。それでも値段がつくうちはまだましなのだが、総務省は加入権制度を今後廃止しようとしている。つまり加入権料を返却させるのではなく、加入権を単なる紙くずにしようとしている。企業の多くは電話を資産として計上しているため、いきなり紙くずになれば償却損の発生が避けられず、宅配や流通業界から猛反発が起こっている。

1.2.2 付随サービス料金

2 つ目は、月額 390 円のプッシュホン回線使用料や 300 円のキャッチホン使用料がある。これらはサービス開始時に、当時のアナログ交換機の性能が低くハードウェアの追加や交換機の改造が必要であったことから、追加負担金の請求が認められていたのだが、その後、デジタル交換機が普及し、ソフトウェア上で処理が可能になったにもかかわらず、料金見直しをして来なかったため今なお料金徴収が続いている。

1.2.3 東西交付金制度

3 つ目は、2003 年度から 2 年間認められた「東西交付金制度」の導入である。NTT 西日本のほうが NTT 東日本よりも離島が多く、コストが高いという理由で、NTT 東日本が NTT 西日本を資金面で支援する「内部相互援助」を解禁した上で、さらに援助に費やした資金を無税扱いするものである。これによりライバルが存在しない独占分野の儲けを、ライバルのいる競争分野に援助することで、ライバル会社の経営を容易に破綻に追い込むことができるようになった。2003 年度 9 月中間期の NTT 西日本の営業利益が 410 億円であったうち、NTT 東日本からの交付金は 105 億円もあった。中部、近畿、中国、四国、九州で地域通信業を営む通信会社からみれば、NTT 西日本だけでなく、NTT 東日本も敵になることになりえる。

1.2.4 精算制度

4 つ目は、接続料の引き上げと「精算制度」の導入である。接続料とは、NTT の通信網を利用して消費者に通信サービスを提供している新電電公社(KDDI、日本テレコム、パワードコム、ケーブル・アンド・ワイヤレス IDC、フュージョン・コミュニケーションズ)が、通信網の利用料として NTT に支払うものである。そもそも通信網は、国営時代の電電公社が整備した設備を、事実上、無償で引き継いだ NTT と、何も持たない新電電がいきなり同じ条件で競争などできるはずがないと、とりあえず、NTT の通信網を機動的にリーズナブル

ルなコストで開放させる「サービスベース」制度を義務付けたもので、その設備を利用して通信サービスを開始して、NTT と競争させようとしたものであった。しかし、具体的な接続ルールは定まっておらず、新電電が NTT に支払う接続料は、一般ユーザー向けの電話料金と同じであり、具体的に言うと、1990 年代初めの長距離電話会社 DDI が、東京から大阪への通信サービスをする場合、一般の消費者と同じ 3 分 10 円の市内電話料金を支払わなければならない、東京 - 大阪間は DDI の通信網を使うわけだが、入口と出口の部分である市内電話で一般消費者並みの使用料を取られれば、利ザヤは減り、DDI の競争力は弱まらず得ない状況であった。しかもその接続料を総務省は国会会議に従い、NTT 東西がそろって接続料を 2003 年度から平均 5%引き上げることが認可し、さらには、年度終了後に予想以上にトラフィックが減った場合には、その分だけ単価を割り増しして、NTT 東西が追加料金を徴収できる「精算制度」の導入も決定された。これにより、新電電各社は負担増に耐えられず、複数の企業が 2004 年 3 月までにひそかに値上げの検討に入ったようである。

以上のように、いかに NTT が今までに保護され、かつ政治に圧力があつたのかが伺えられたと思う。しかし、そんな固定電話網で優位に立っていた NTT も ADSL という技術革新によって窮地に追い込まれることになった。

1.3 ISDN から ADSL そして光ファイバーへ

インターネットが世の中に広まったとき、当初は電話回線の新しい利用方法として考えられていた。なぜなら、インターネットに接続する手段は、初期には固定電話回線を介する以外なかったからである。おかげで電話の使用は格段に増え、電話会社にとっては願ってもない追い風になった。後に定額制サービスが始まるまで ISDN は基本的に接続した時間に対して課金されたので、NTT は接続料金を低迷していた固定電話料金の代わりに稼ぐことができた。ところが、「東京めたりっく通信」の ADSL サービスが登場してから、その様相はがらりと変貌した。ISDN は新しくデジタル電話回線を設けて音声もデータ通信もデジタル信号に換えて転送するのに対し、ADSL は固定電話で使用していた従来のアナログ回線を使用しながら、音声はアナログでやりとりし、データ通信だけ周波数の異なる高速のデジタル通信で行えるものであった。そして両者の決定的な違いは、そのスピードであった。ISDN が当時最高 128kbps だったのに対して、ADSL は 1.5Mbps と 10 倍以上も通信速度が速かったのだ。また、ADSL はデジタル電話回線では利用することが出来なかったため、多くの利用者が再びアナログ回線に戻すようになった。この結果、NTT は、いずれアナログの全回線をデジタル回線にするつもりであった計画が大幅に狂い、ISDN 化のために投じた巨額の投資は宙に浮き、回収のめどが立たないほどになった。しかし、ここまでであったら、まだ NTT は従来の電話料金と、回線使用料によって収益は保たれたのだが、ADSL は更なるサービスとして「IP 電話」という、NTT がこれまで築き上げてきた固定電話網を根底から覆す新サービスを提供し始めた。IP 電話については後ほど詳しく述べるが、

簡単に説明すれば、市内の交換機までは NTT の電話回線を使用し、遠く離れた相手のところまでは専用線（IP 回線網）を使用する。この専用線は通話料が無料であるため、市内通話の電話料金だけを負担するだけで、どんなに遠く離れた人とも電話ができるというものである。これにより、特に NTT グループの長距離通信部門である NTT コミュニケーションズは大打撃を受けることとなった。また同じプロバイダー同士であれば交換機ですら通らないので、いわゆる無料通話が実現した。

こうした環境の変化からとうとう NTT も重い腰をあげ、フレッツ・ADSL やかねてから次世代の通信の主流になると計画していた光ファイバーを使用して、IP 電話網へ投資を展開し始めた。また、NTT の和田社長は 2004 年、光ファイバー網をライバルである新電電各社に開放する義務の撤廃を国に強く求め、固定電話のような独占の復活を目指している。

< 1 一般電話から IP 電話へ - 注釈 >

（注 1）洞道：NTT が通信ケーブルを収容するために地下に建設したトンネルのこと。直径 5 メートル位のものが多く、総延長は 643km。洞道の 3 分の 2 弱が国営時代に建設されたものに対し、実に 3 分の 1 強の 240km は民営後に建設されたものである。

（注 2）管路：銅線や光ファイバーを地下に埋め込む土管のこと。洞道のように人や車は通れない。しかし、その延長は 62 万 km と、地球の赤道周囲の 15 周半分に及ぶ。地上も含めると、NTT の通信網の総延長は 142 万 km に達する。これは、地球と月を約 2 往復できる距離である。

（注 3）持株会社：他の株式会社の株式を保有し、支配することを目的とする会社のこと。

（注 4）完全引用部分：町田徹『巨大独占 NTT の宿罪』新潮社 2004 年 21 頁

2 IP 電話の仕組み

2002 年頃、街頭でソフトバンクの Yahoo!BB が無料でモデムを配っていたことが懐かしく思える今日だが、翌 2003 年から、プロバイダとの契約に付随して BB フォンという IP 電話のサービスが始まったのがきっかけで、他の ISP（Internet Service Provider）（注 1）による IP 電話サービスの提供が本格化された。

IP 電話は、既存の一般電話網ではなく、インターネットあるいはインターネットと同じ仕組みを持つネットワークを通して音声通信を行うため、一般電話とは異なり、様々な形態の IP 電話が存在する。パソコンを利用した IP 電話がもっともオーソドックスなものだったが、最近では一般電話機から利用できる IP 電話も誕生し始めた。また、携帯 IP 電話の試みも始まりつつある。

この章では、IP 電話の仕組みについて、従来的一般電話と比較しながら検証していき

いと思う。

2.1 IP 電話とは

IP 電話とは、簡単に言えばインターネットを利用した電話のことである。IP 電話の「IP」とは Internet Protocol の略であり、プロトコルとは、ある目的を実現するための決まりごとのことで、インターネットでも Web を閲覧したり、メールをやり取りする仕組みも、すべてはそのためのプロトコルに基づいている。そして、インターネットあるいはインターネットと同じ仕組みのネットワークのことを IP 網(または IP ネットワーク)などと呼び、この IP 網に VoIP (Voice over IP)(注2) という、音声をデータ化し転送する技術を利用して IP 電話は実現されている。

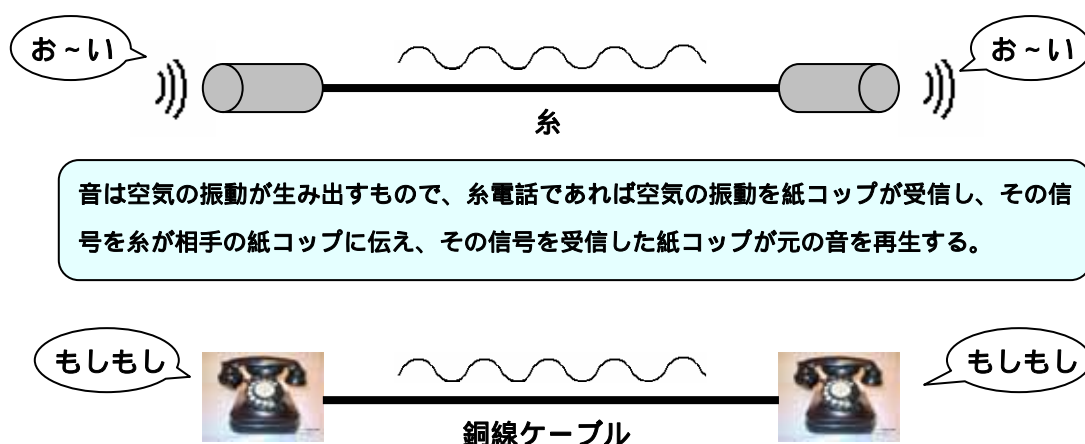
2.2 一般電話網と IP 電話網との違い

2.2.1 一般電話の仕組み

IP 電話の仕組みを理解する前に、一般電話における音声通信の仕組みを理解しておきたいと思う。

音が発生すると、それは空気や水の振動となり、その振動が耳の鼓膜を振動させて脳内に音の信号が伝わる。糸電話(図1)であれば、音声(空気の振動)が紙コップに伝わり、次に糸の振動が相手の紙コップに伝わり、紙コップの振動が音声として再生される。電話の仕組みも糸電話の仕組みと基本的に同じで、電話では音声(アナログ信号)が電流の強弱となって銅線のケーブルを流れている。(図1)

図1：音は空気の振動

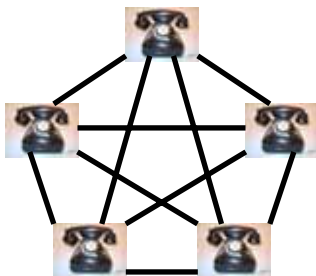


出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

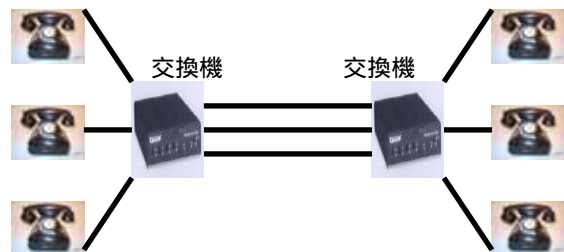
当初の電話システムは、全ての電話機をケーブルで繋いだもの（フルメッシュ型ネットワーク）（図 2）であったが、これでは電話機が増えるたびにネットワークが複雑になってしまい、またケーブル施設のコストも膨大になってしまう。そこで開発されたものが交換機（スイッチ）というもので、1つの交換機に地域ユーザーの回線を収容し、異なる地域同士の電話では交換機と交換機が音声通信を取り持つ仕組みである。

図 2：フルメッシュ型ネットワークから回線交換へ

・フルメッシュ型



・交換機を利用した回線交換

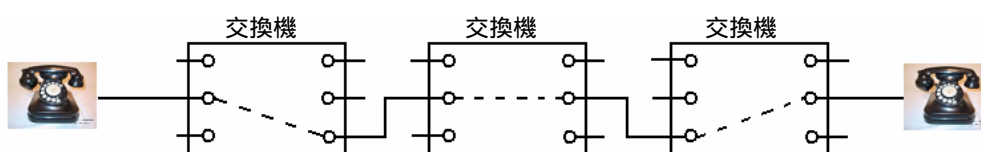


出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

2.2.2 一般電話網の仕組み

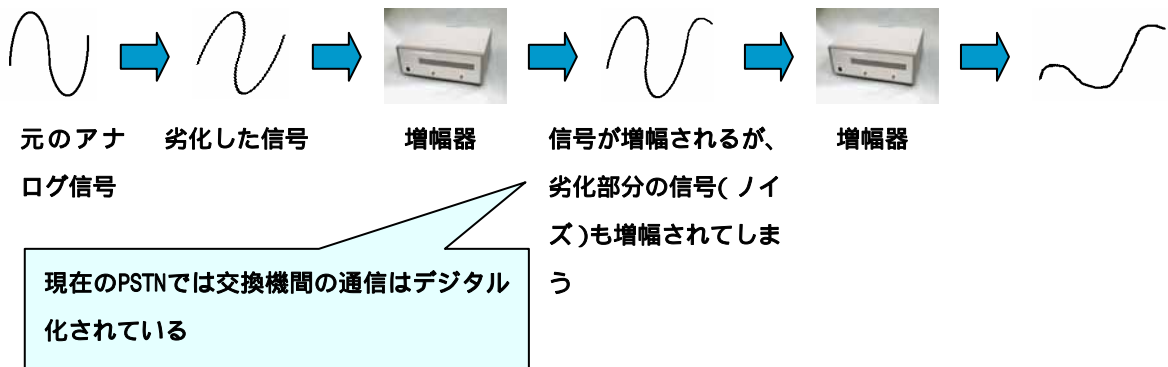
一般電話網（公衆電話回線網）のことを PSTN（Public Switched Telephone Network）と呼ぶ。PSTN における回線交換とは、1つの物理的な回線を占有するという事である。（図 3）交換機は、適切な経路を選択する機能や、回線混雑時の輻輳機能（注 3）、課金機能などといった役割を持つ。PSTN 上を伝わるアナログ信号は、伝送距離が長くなればなるほど、複数の交換機を経由しなければならず、その際に電気信号が弱くなったり、劣化してしまうといった特徴を持っている。そのため、伝送路上には増幅器（アンプ）と呼ばれる、アナログ信号を増幅させる装置が設置されているが、この増幅器は信号の歪んだ部分も増幅させてしまうという欠点も持っているため、長距離通話になればノイズなどが多く含まれてしまう。（図 4）

図 3：回線交換の仕組み



出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

図 4：アナログ音声の減衰

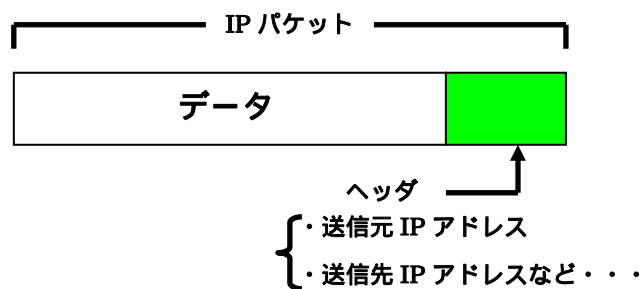


出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

2.2.3 IP 電話の仕組み

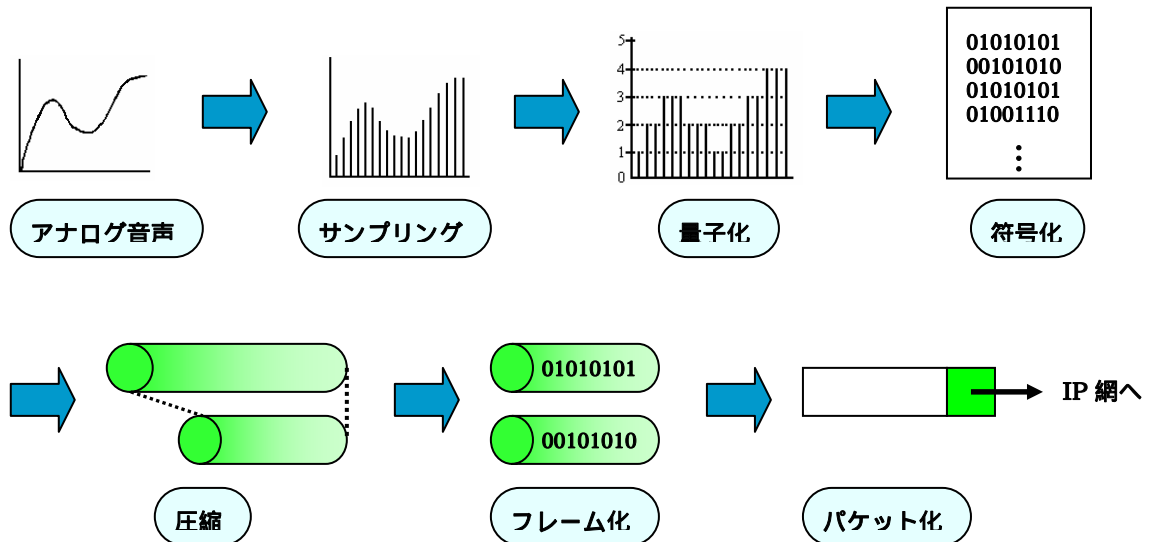
IP 電話の仕組みは、アナログ音声を一度デジタルデータ化して、パケットに分割した音声データを IP 網を通して送受信するというものである。パケット(図5)とは、データ通信において、送信先のアドレスなどの制御情報(ヘッダ)が付加されたデータの小さなまとまりのことである。VoIP の技術では、アナログ信号(音声)をデジタル信号(01 信号)へと変換し、パケット化する必要がある。その工程は、アナログ音声 サンプルング 量子化 符号化 圧縮 フレーム化 パケット化(図6)の手順となる。

図 5：IPパケットとIPヘッダ



出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

図 6：音声信号の packets 化



出展：『図解雑学 IP 電話』及び

『図解 IP 電話標準テキスト』に基づき筆者作成

2.2.3.1 アナログ音声

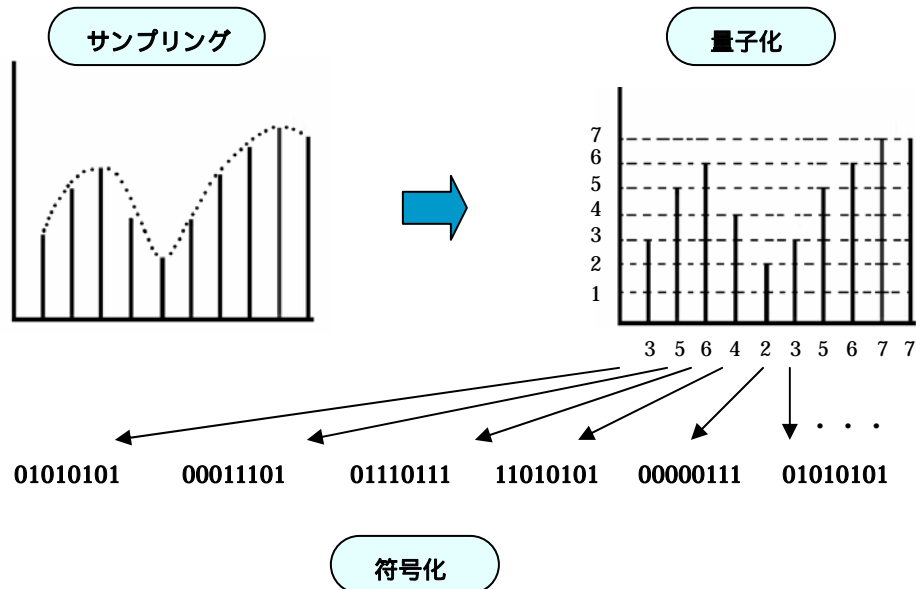
音の実体は空気の振動で、一般的に波形の曲線で表現される。人間の声は、4kHz 以下の周波数にエネルギーが集中していること、聴覚が 4kHz 以下の音によく反応すること、および通信に不要な帯域を削減したいという要求から、電話での音声信号は、0.3kHz ~ 3.4kHz の帯域となっている。このことから、電話での音声信号は、通常、「4kHz 帯域」と言われている。

2.2.3.2 サンプリング・量子化・符号化

VoIP の技術において、最も大事であるアナログ信号のデジタル化を実現させている代表的な技術に PCM (Pulse Code Modulation : パルス符号変調) 方式 (注 4) (図 7) がある。これは、先ず時間的に連続している音声のアナログ信号波状から、その振幅をある一定の間隔で標本化として採取していく。この作業を標本化 (サンプリング) という。標本化の間隔 (サンプリング周波数) は、標本化定理 (注 5) により原周波数の 2 倍以上が必要とされ、音声の場合は 8kHz のサンプリングが一般的である。サンプリングデータは、デジタル化するために、特定の段階に分けて数値化する。これを量子化という。量子化によって区切られた値を「0」と「1」の符号 (二進法) に変換することを符号化という。この符号化に必要なビット数は、PCM 方式において、8 ビットが一般的である。こうしてアナログ音声は

デジタルデータとして、この後パケット化されて送信される。

図 7：PCM方式



出展：『図解 I P 電話標準テキスト』に基づき筆者作成

このように、PCM方式では1秒間に8000回(8kHz)のサンプリングが行われ、さらに量子化に8ビットが必要とされるため、1秒間の音声データの容量は「サンプリング回数8000×8ビット=64000ビット=64Kbps」となり、常に64Kbpsの帯域が必要となる。ISDNやADSL、FTTHならこの帯域を確保することはできるが、例えば、最高56Kbpsの帯域しか持たないアナログモデムによるダイヤルアップ接続では、PCMデータを利用したIP電話は利用できないということになる。

しかし、64Kbpsもの帯域を常に確保しておくことも、あまり効率の良い回線の利用とは言えない。そこで、ITU-T(電気通信標準化部門)^(注6)では、PCM方式以外にも様々な符号化方式を勧告している。勧告番号、符号化方式および動作原理等を表1に示す。

表 1：ITU-Tで勧告された符号化方式表

ITU-T 勧告番号	符号化方式	伝送速度	動作原理	概要
G.711	PCM	64Kbps	波形符号化	従来の固定電話で利用されている。
G.722	SB-ADPCM	64Kbps	波形符号化	7kHz帯域のアナログ信号を16kHzでサンプリング(標本化)。音声や音楽を高品質に圧縮できる。
G.723.1	MP-MLQ/ ACELP	6.3/5.3Kbps	ハイブリット 符号化	フレーム長は30ミリ秒。6.3Kbps(MP-MLQ)と5.3Kbps(ACELP)の2方式がある。H.323やテレビ電話システムに利用されている。
G.726/ G.727	ADPCM	32Kbps	波形符号化	基本動作はPCMと同じだが、量子化が各サンプルの差分の4ビットで行われるため、G.711と比較してわずかな音声品質劣化で低ビットレートを実現している。G.726はPHSにも利用されている。
G.728	LD-CELP	16Kbps	ハイブリット 符号化	アナログ信号を8kHzでサンプリング(標本化)し、16Kbpsを実現する。
G.729a	CS-ACELP	8Kbps	ハイブリット 符号化	フレーム長は10ミリ秒。携帯電話のほか、インターネット電話などに利用されている。

出展：『図解 I P 電話標準テキスト』に基づき筆者作成

ITU-T 勧告に政府が従う義務はないが、通信の世界において国際基準を無視することは、世界から孤立してしまうことを意味する。とはいえ、国連の様々な議論と同様、例えば次世代携帯など、なかなか1つの規格に統一されない分野も少なくない。現在のVoIP技術では、G.711及びG.729aの採用が多い。

2.2.3.3 圧縮

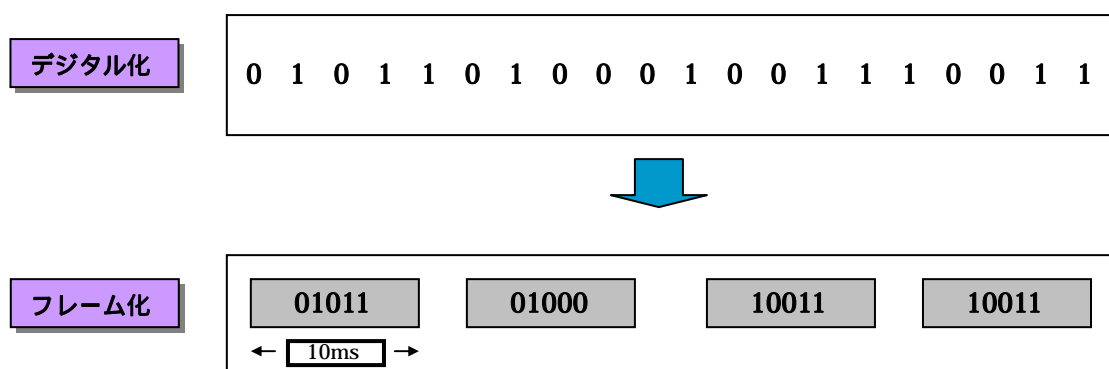
デジタル化された音声は、次に圧縮の工程に入る。音声信号の伝送において、音声がな
い（無音）ときには音声パケットを伝送しない方式がある。これを無音圧縮といい、VAD
（Voice Activity Detection）と呼ぶこともある。ほとんどの会話が、その 4~6 割の時間が
無音状態であると言われているため、無音時に音声パケットを伝送しないことで使用帯域
を小さくすることができる。また、無音時の違和感を小さくするために、コンフォートノ
イズと呼ばれる雑音を故意に挿入することもできる。

しかし、無音圧縮を使用する場合は、音声の検出処理が必要となるため、会話の最初の
部分や最後の部分が途切れる場合がある。また、音声の有無をハードウェアが判断してい
るため、ある一定のレベルを境界線に見立てて、その境界線より音が大きいと有音、小さ
いと無音と判断して、パケットを作ったり、廃棄したりする。そのため、境界線をわずか
でも越えた雑音については、超えた部分だけがデジタル化され、音声パケットに途切れ途
切れに混ざってしまうため、人間の耳には非常に不自然なものとして感じられてしまい、
音質の劣化につながってしまう。

2.2.3.4 フレーム化

音声信号がデジタル化されただけでは、ただの符号（01 信号）の羅列にすぎない。この
ままでは、音声信号を相手まで届けることができないことから、一定の長さの単位（フレ
ーム）にまとめて伝送する。例えば、G.729a では、1 フレームを 10 ミリ秒と規定してい
る（図 8）。

図 8 : G.729aにおけるフレーム化



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

2.2.3.5 パケット化

フレームのままでは、品名、宛先および差出人が書かれていない郵便と同じで、どこに届けていいのかわからない。そのデータが音声であることや、どこからどこへ伝送すべきかを示すためにヘッダを付加しなければならない。ヘッダがあることにより、ネットワーク上での伝送が可能となる。ヘッダの種類には、IP ヘッダ、UDP ヘッダ、RTP ヘッダがある。各ヘッダの容量、役割は表 2 に示す。

表 2：ヘッダの容量と役割

名称	容量	役割
IPヘッダ	20バイト	パケット通信で必要となる情報を持ち、IP網で様々な働きをする。主な情報内容に、送信先IPアドレス、送信元IPアドレス、伝送されるデータのサービスタイプ(ToS)、フラグメント情報、プロトコル番号等がある。
UDPヘッダ	8バイト	UDPヘッダには、送信元・送信先でデータを受信するアプリケーションを識別するためのポート番号、UDPヘッダを含めたメッセージ長、伝送エラーのチェックを行うためのチェックサムの情報がある。
RTPヘッダ	12バイト	音声部(ペイロード)に対する付加情報を与える役割を果たす。RTPヘッダには、次の情報が含まれている。 <ul style="list-style-type: none"> ・シーケンス番号: 送信先の装置でパケットロスの検出やパケットの順序の認識を行うための順序番号 ・タイムスタンプ: 音声部の最初のバイトのクロック値を示す。あるパケットと次のパケットのタイムスタンプの差がパケット送出周期となる。 ・ペイロードタイプ: G.711やG.729a等の音声部のコーデックを表す値。 ・情報ソース識別子: ある通話データが他の通話と識別できるように同一通話に対して付与する同一の番号

出展：『図解 I P 電話標準テキスト』に基づき筆者作成

2.2.4 IP 電話網の仕組み

今日のネットワークの起源である PSTN と、VoIP を基盤とするインターネット(あるいは IP 網)との大きな違いは、前者が交換回線であるのに対して、後者がパケット交換であるということだ。もともと PSTN は音声データのために構築されてきたネットワークであるため、利用できるサービス(電話・FAX 等)が限定されている。これに対し、インターネットのパケット交換方式は、特定のデータの送受信のために構築されたネットワークではなく、どんなデータであっても、それをパケット化して相手先まで届け、元のデータに戻せられれば、あらゆるサービスを利用することができる。例えば、電子メールや Web の創作・閲覧、オンラインショッピング、ゲームや TV、ラジオといった様々なものが挙げられる。その中の 1 つに IP 電話が含まれているにすぎない。様々な著書を参考として読ん

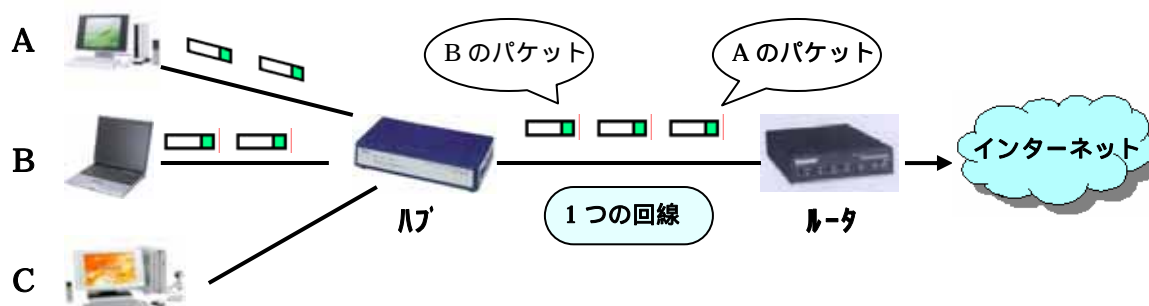
できたが、そのほとんどに書かれてあったのが、「データ通信と音声通信の統合」という言葉である。もはや、電話のための回線は必要とされず、電話も 1 つのサービスとして扱われる時代がやって来た。

この節では、こういったマルチメディアサービスを実現させている IP 網の仕組みについて、少し論じていきたいと思う。

2.2.4.1 IP 網はパケット交換ネットワーク

PSTN の回線交換では、1 人が通話をしていると、1 つの回線を独占してしまい、他の人がその回線を使用することができないが、パケット交換網では 1 つのコンピュータがパケットを送信すれば、他のコンピュータは、そのパケットが送信されるまで待つ必要がある。つまり、コンピュータ A のパケットが送信されてから、他のコンピュータのパケットが送信されることとなる。この仕組みによって、1 つの回線を利用して複数のコンピュータがパケットを送信することができる (図 9)。

図 9 : パケット交換ネットワーク

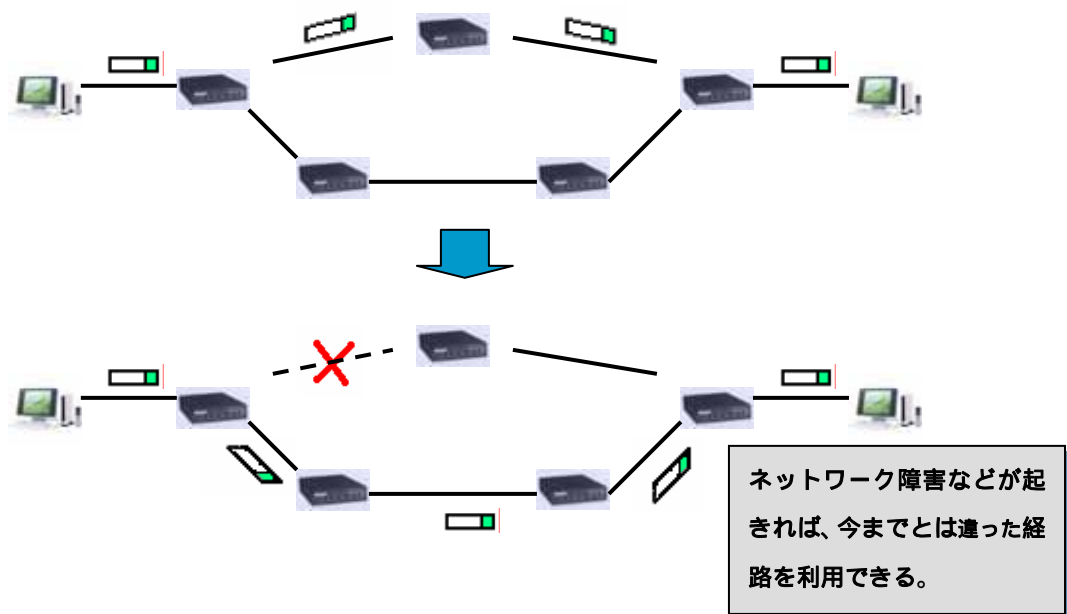


出展 : 『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

2.2.4.2 IP 網におけるルーティング

指定された IP アドレスに基づいてデータを届ける仕組みが IP だが、異なるネットワーク間にはルータが配置され、データがルータ間を伝送されていく仕組みをルーティングと言う。PSTN の回線交換では、自分と相手との回線が 1 対 1 で結ばれているのに対して、いくつものルータが配されたインターネットでは、データが相手先までに到達する経路がたくさん存在する。これは、もしネットワーク障害が起きても、他の経路を利用すれば、データが目的地に到達できるということも意味する (図 10)。

図 10：ルーティング



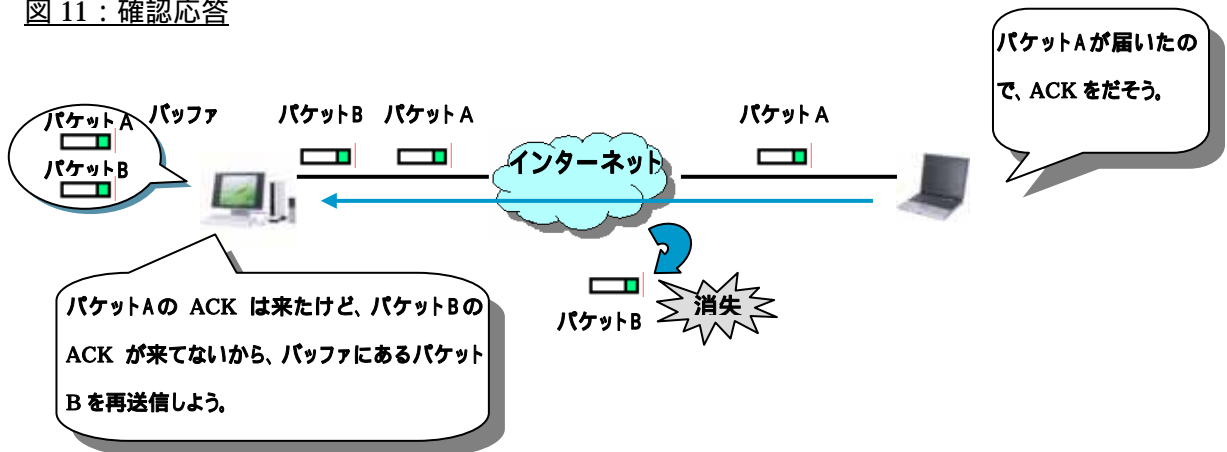
出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

2.2.4.3 データの到達を保障

ルーティングにおいては基本的に最も近い（あるいは速い）経路が選択されるが、ネットワーク障害が起きたり、あるいはネットワーク障害が復旧したりすれば、分割されたデータの到着する順番が入れ替わってしまうことも起きる。ネットワークにおいては、データが消滅したり、データが遅延したり、到着する順番が入れ替わってしまうことは珍しいことではない。データが消滅したと判断されたときは、再送される仕組みとなっているが、消滅したと判断されたデータが、実は到着が遅れていただけの場合、同じデータが複数到着してしまうことになる。こうした問題を解決するために、ヘッダにはシーケンス番号（2.2.3.5 パケット化 表 2：ヘッダの容量と役割 参照）がふられている。

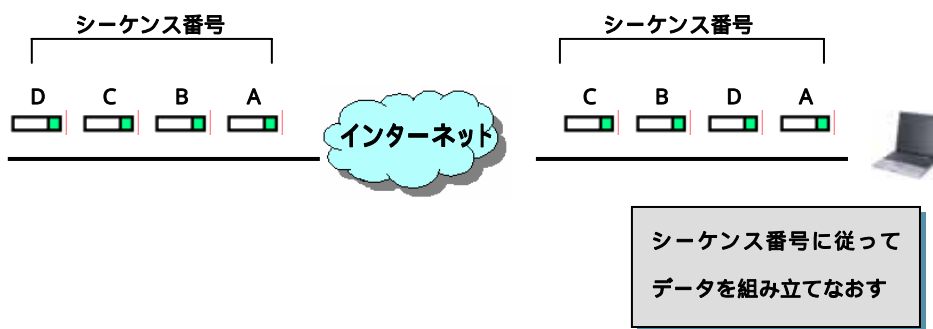
受信側はパケットを受信するたびに、到着したパケットのシーケンス番号を知らせる肯定確認応答（ACK）を送信元を送る。送信元では、いったん送信したパケットを ACK が来るまでは、バッファ（注 7）にコピーしておき、一定時間たっても ACK が来なかった場合には、パケットが消失したのとしてパケットを再送する（図 11）。こうして届いたパケットを受信側はシーケンス番号に沿ってデータを組み直している（図 12）。

図 11：確認応答



出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

図 12：シーケンス番号によるデータの復元



出展：『図解雑学 IP 電話』に基づき筆者作成

2.3 IP 電話とインターネット電話

IP 電話と似て非なるものとしてインターネット電話というものがある。本論文においては、IP 電話を主流として取り上げているが、ここで少しインターネット電話というものについても、ふれておきたいと思う。

IP 電話もインターネット電話もインターネット網を介して音声を送るとい点では同じだが、IP 電話の場合は同じインターネットでも、品質を高めるためにプロバイダ各社が独自に設けている IP ネットワーク網を利用しているという点で若干異なっている。また、IP 電話の場合は、特にパソコンが起動していなかったり、もっと言えば、パソコンがなくても利用できるが、インターネット電話の場合は必ずパソコンが起動している上で、パソコンと向かい合って通話しなければならない。

インターネット電話は別名ソフトフォンとも呼ばれ、代表的なものとしてマイクロソフト社の Windows Messenger やスカイプ・テクノロジー社の Skype などが挙げられる。双方とも音声や動画をリアルタイムに転送でき、また、ファイル転送、ホワイトボード共

有、アプリケーション共有、チャットなどの通信機能を統合したコミュニケーションツールとなっている。また、上記機能に加えて、通話に先立って相手が着信可能かどうかを知ることができるプレゼンス機能や、保留、ピックアップ、転送など、通常のオフィス電話機が持っている機能を PC 上のソフトウェアで実現させたり、社員の氏名や電話番号、所属、その他の情報が記載されている電子電話帳を具備しているなど、企業内のコミュニケーションを高度化する機能も持っている。そのため、近年ソフトフォンを企業に導入するケースが増えてきているが、では、IP 電話を凌ぐ脅威となりうるかと言われると、そうとも言い切れない。

ソフトフォンの利用にあたっての注意事項としては、先ほども述べた通り、PC およびソフトフォンが起動されていないと電話を受けることができないという点である。この事態の回避策として、小グループに 1 つは従来の電話機を配備しておくなどの備えが必要である。また、ソフトフォンのハードウェアは通話専用で作られた電話機と異なり、汎用的なハードウェアである PC であるため、同一 PC 上で動作する他のソフトウェアに影響を受ける可能性が否めない。低スペックの CPU が搭載されている PC 上で、CPU リソースをたくさん使うソフトウェアと例えばソフトフォンによる TV 会議を同時に行うと、音声品質、画像の劣化を招くことになる。

以上のことから、ソフトフォンを導入するにあたっては、他の機器と併存して利用していくことが、望ましいと思われる。

< 2 IP 電話の仕組み - 注釈 >

(注 1) ISP : Internet Service Provider の略称。インターネットへの常時接続や電子メールアカウントの発行、Web ページスペースの提供といったサービスを提供する企業のこと。一般的には、プロバイダまたは ISP と略されることが多い。

(注 2) VoIP : Voice over IP の略称。デジタル音声データをパケット化し、IP と H.323 を利用して転送する仕組み。既存の電話回線を利用して、音声通話とデータ通信を統合して扱うことができるので、通信コストが削減できる。

(注 3) 輻輳 : ネットワーク上のトラフィックが増大し、データ量が通信回線の許容量を超えてしまった状態。モデムや TA によっては、輻輳状態を緩和する輻輳制御方式を搭載している。

(注 4) PCM : Pulse Code Modulation の略称。パルス符号変調の略。アナログの音声データを符号化、複合化する方法のひとつで、音楽 CD や WAV ファイルなどで利用されている。アナログ信号の音を一定時間ごとにサンプリングし、量子化してデジタル信号化したもの。PCM は、標本化周波数 (単位 kHz) 量子化ビット数 (単位 bit) で表される。それぞれ数値が大きいほど、品質がよい。

(注 5) 標本化定理 : 「原信号に含まれている最高周波数の 2 倍以上の周波数で標本化すれば、原信号を完全に復元できる。」というもの。音声信号の標本化を例にとると、伝送に必要な周波数帯域は 0.3 ~ 3.4kHz であるから、その最高周波数を 4kHz とすれば、標本化周波数はその 2 倍の 8kHz となる。

(注 6) ITU-T : International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector の略称。国際電気通信連合電気通信標準化部門の略。前身である CCITT (国際電信電話諮問委員会) の事業を継承した ITU (国際電気通信連合) の一部門。国際的な電信電話に関する技術研究や、その運用や料金についての標準化を検討している。ここで標準化され作成される勧告が ITU-T 勧告。

(注 7) バッファ : 処理速度に差がある装置間に緩衝として設置されるメモリ。処理の速い装置が処理の遅い装置の速度に合わせてしまうと、全体の速度が落ちるため、データをいったんバッファに送るようにして、処理の速い装置の空き時間を減らしている。緩衝域と呼ぶこともある。

3 IP 電話導入のメリット

第 2 章でも述べた通り、IP 電話はインターネットを利用する上でのサービスの 1 つに過ぎないため、IP 電話だけに限ったメリットというものは、実際のところ数は多くないが、第 5 章で述べる企業への導入メリットを除けば、IP 電話の最大のメリットは、やはり一般電話に比べて格安な料金体系である。最近では、自宅にパソコンがなくても IP 電話を利用することができるようになり、ますます、一般電話と IP 電話が比較されるようになって来た。この章では、一般電話の課金システムと比較しながら、IP 電話通話料の実態について論じていきたい。

3.1 一般電話の課金システム

IP 電話の通話料の安さの秘密を解くためにも、一般電話の課金システムを知っておく必要がある。

家庭などで使われている一般電話から発信を行うと、先ず最初に NTT の交換機に接続される。そして、交換機で通話したい相手との接続を行い、通話が確立される。これが一般電話の繋がる仕組みだが、ポイントとなるのが、この交換機と呼ばれる設備である。

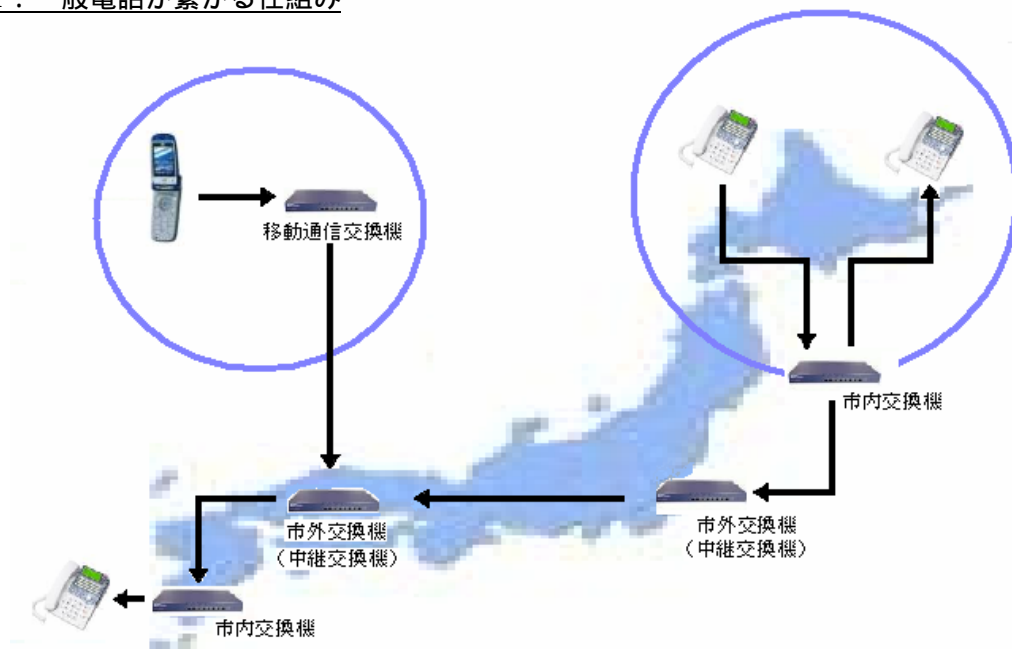
交換機は、発信者が伝えた相手先電話番号を瞬時に探し出し、相手呼び出して通話できるように回線を繋ぎ換える。そして、この交換機には大きく分類して「市内交換機」と「市外交換機」の 2 種類があり、市内交換機は、一般電話を利用している家庭や会社などから、直接電話線で接続されている。そして、市外局番なしで発信した市内通話は、この市内交換機を経由して相手先に接続される。

市外交換機は、「中継交換機」とも呼ばれていることからわかるように、家庭や会社などの一般回線と直接接続せずに、市外通話の発信を行った場合のみ、市内交換機から接続される。そして、指定された相手先との通話を確立するために、市外交換機を複数経由して、目的の電話番号の回線が収容されている市内交換機に接続する。長距離電話になればなるほど、経由する交換機の数が増えていく仕組みになっている。

ちなみに、携帯電話の場合も仕組みはほぼ同じで、市内交換機の代わりに、「移动通信中継交換機」と呼ばれるものに先ず接続され、それから市外交換機を経由して通話を確立するようになっている。

これらから分かる通り、一般電話の課金システムは交換機を経由すればするほど、課金されていくシステムとなっている(図1)。

図1：一般電話が繋がる仕組み



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

3.2 IP 電話の課金システム

一般電話に対して、距離や時間に依存しない料金体系を提供しているのが、IP 電話サービスの特徴である。通信事業者の提供するサービスによっては、IP 電話加入者同士の通話料は、無料あるいは基本料に含んだ固定料金体制となる。特に国際電話を利用する場合、市内通話なみの料金で通話できるサービスもある。

また、IP 電話加入者と一般電話加入者で通話する場合、IP 網と公衆網 (PSTN) の両方を経由する形態がとられる。

これらの接続形態については、次節でそれぞれ別個に説明する。

3.2.1 IP 網のみを使用する接続

公衆網を経由せずに、IP 網のみで接続する形態を、「オンネット接続」(図 2)と呼ぶ。オンネット接続の場合、通信事業者が提供する IP 網のみが利用されるので、通信事業者の定める料金体系の範囲内で通話料が決定する。公衆網との接続や電話局の交換機使用料がかからないため、通話料金を低く抑えられるという特徴がある。

図 2：オンネット接続

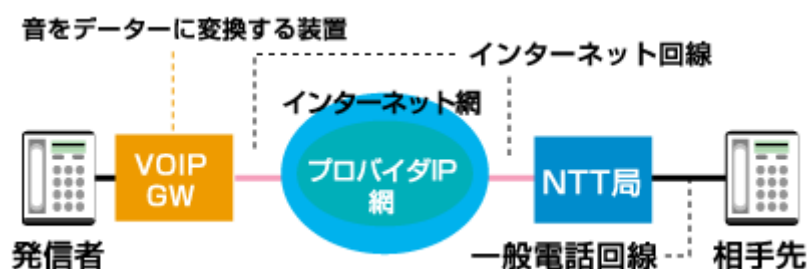


出展：株式会社メガ ホームページ
『IP 電話基礎講座』から

3.2.2 IP 網と公衆網を経由する接続

IP 電話加入者と一般電話加入者で通話する場合、IP 網と公衆網の両方を経由することになり、この形態を「オフネット接続」(図 3)と呼ぶ。公衆網の部分は従量課金になるものの、通信経路の大部分を IP 網に肩代わりさせることで、通話料を安くして提供することができる。例えば、NTT 東西の電話で平日の昼間に 60 キロメートルを越える通話を行った場合、3 分で 160 円かかるが、IP 電話であれば約 8 円程度で通話することができる。

図 3：オフネット接続



出展：株式会社メガ ホームページ
『IP 電話基礎講座』から

3.2.3 異なる IP 網間の接続

異なる IP 網（別の通信事業者）に収容される IP 電話加入者間で通話する場合、IP 網間で相互接続されていればオンネット接続になる。逆に、接続されていない場合は、公衆網を経由するオフネット接続となる。

総務省による「050」の IP 電話番号割り当て開始後、通信事業者間の相互提携が進み、各通信事業者が持つ IP 網の相互接続を整備し、「050」を使った、異なる IP 網間での通話が可能となり始めている。

3.2.4 IP 網を使わない接続

IP 電話サービスにユーザーが加入している場合であっても、IP 網に接続しない通話経路がある。警察や消防などの緊急通信がそれであり、これは発信者が電話を切っても通信は保持されるといった通信制御が不可欠なためである。一般に、IP 電話加入者がダイヤルした番号は、IP 網経由での通話可否が判断されるのだが、緊急通信の場合は、公衆網へ接続する通信経路が選択される。

例えば、緊急回線（110、119）や、フリーダイヤル（0120）、ダイヤル Q2（0990）等の番号は、自動的に公衆網経由で通話される。この場合、加入者宅の VoIP は音声のパケット化は行わず、ダイヤル情報をアナログ信号で送り、それを受けた電話局の交換機は公衆網を使って接続を行う。

この緊急回線への接続の扱いを含め、IP 電話が持つ技術的課題は、総務省ほか関連機関で整備が図られている。

3.3 料金比較

IP 電話が話題になる大きな理由は、一般加入電話と比べて、驚くほど安く設定された通話料金があげられる。その料金設定も、従来の距離に応じて割高になる料金体系ではなく、全国均一料金が適用されるのが大きな特徴である（表 1）。

表 1：国内通話料金比較

発信者	県内(3分)			県外(3分)			
	市内	隣接区域 ~ 20km	~ 60km	~ 30km	~ 60km	~ 100km	100km 以上
一般加入電話	8.5 円	20 円	30 円	30 円	40 円	60 円	70 円
IP 電話	8 円						

出展：(株)フルスピード ホームページ
『@IP 電話』に基づき筆者作成

そして、IP 電話通話料の格安さをもっとも実感できるのが、海外通話料金である。最近までまだ「高い」と思われていた海外通話料金を 20 分の 1 の価格で実現している（表 2）。

表 2：国際通話料金比較

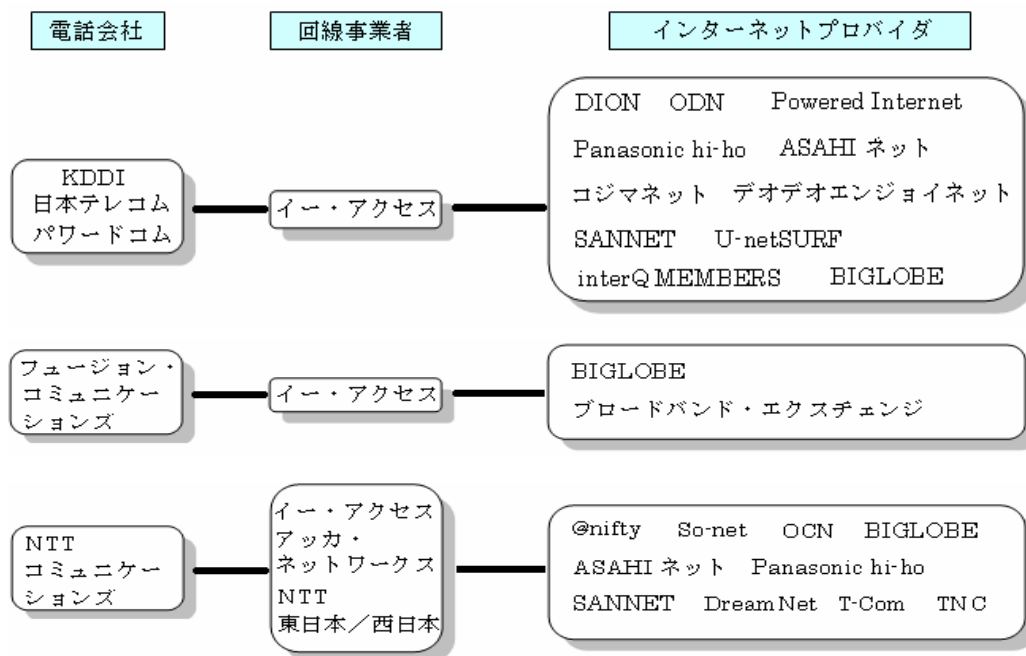
発信者		アメリカ	イギリス	フランス	中国	ブラジル
IP 電話	BB フォン	2.5 円	23 円	23 円	32 円	32 円
	OCN.Phone	9 円	20 円	20 円	30 円	30 円
	FUSION IP Phone For BIGLOBE	8 円	22 円	22 円	30 円	32 円
NTT コミュニケーションズ 0033		53 円	140 円	150 円	140 円	230 円
日本テレコム 0041		60 円	140 円	190 円	170 円	290 円
KDDI 001		60 円	150 円	200 円	170 円	310 円
フュージョン・コミュニケーショ ンズ 0038		15 円	30 円	30 円	50 円	70 円

平日昼間に 1 分間かけた場合

出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

また、忘れてはいけない IP 電話独自のサービスといえるものが、「同じ事業者間の通話なら無料！」というサービスである。注意しておきたいことは、無料通話が可能なのは、同一プロバイダ同士ではなく、電話会社と同じであった場合に無料通話が可能であるということである。無料通話が可能な提携グループをまとめてみたので参考にしてもらいたい（表 3）。

表 3：無料通話が可能な提携グループ



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

4 IP 電話の課題

IP 電話は一般電話機と比べてまだ誕生して間もない技術なため、未成熟な面も多い。例えば、先ほども述べた、緊急電話への IP 網の利用などができない等、ライフラインとしては物足りない所がある。また、利用者に多く言われるのが音声品質の問題である。音声を伝送するときに問題となる現象としては、遅延、ゆらぎ（ジッタ）、パケットロスおよびエコーがある。これらは、伝送帯域に余裕がなかったり、装置の特性の不整合等で発生するが、音声帯域幅の圧縮化、音声パケットの優先制御、エコーキャンセラー等の技術により改善され、音声品質の向上が図られている。また、その他にも、一般加入電話から IP 電話端末に接続するための番号について検討やセキュリティの問題（第 5 章にて述べる）などが挙げられる。詳しくは次節以降で述べていきたいと思う。

4.1 音声品質

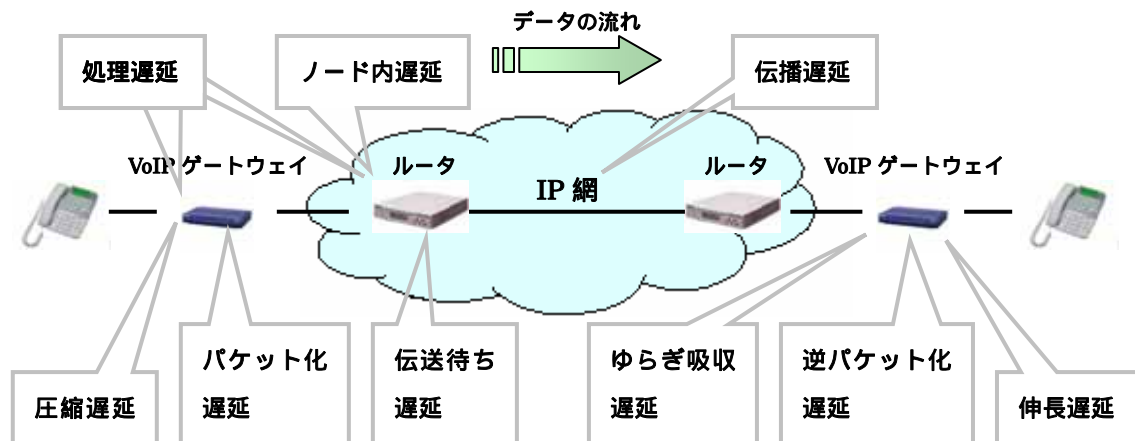
IP 電話で音が聞きづらく感じる理由として、音が遅れたり、ゆらいだりする場合、音声
が不明瞭な場合、音声にエコーがかかってしまう場合が挙げられる。これらの現象が起こ
ると、IP 電話では著しく通話しにくい状態となる。こういった IP 電話の音声劣化の原因と
対策についていくつかまとめてみた。

4.1.1 データの遅延及びその対策

音声は相手に遅れて届くことを「遅延」という。遅延が大きくなると、衛星回線を経由
した電話のようにタイムラグが発生し、スムーズな通話が不可能となる。従来の固定電話
では、ほとんど遅延はなかったが、VoIP ネットワークでは音声データをパケット化して伝
送するため、場合によっては大きな遅延が発生する可能性がある。

IP 電話での音声遅延の原因は大きく 3 つに分類することができる。一つは送信側 VoIP
ゲートウェイなどで主に発生する固定的な原因、もう一つは VoIP ネットワークのトラヒッ
クの状態によって起こる可変的な原因、最後に受信側 VoIP ゲートウェイなどで主に発生す
る固定的な原因である(図1)。

図 1：遅延発生箇所



出展：『図解 IP 電話標準テキスト』
に基づき筆者作成

4.1.1.1 送信側 VoIP ゲートウェイ内の遅延

送信側ゲートウェイでは音声信号のデジタル化、圧縮、パケット化を行うが、その家庭で圧縮遅延、パケット化遅延及び処理遅延が発生する。

・圧縮遅延

圧縮遅延とは、使用する音声コーデック(注1)のアルゴリズム(注2)に起因して発生する遅延である。1フレーム分のデータが揃うのを待つ時間とアルゴリズムに従った解析処理が遅延時間となる。ただし、G.711 は非圧縮のため、圧縮遅延は発生しない。

・パケット化遅延

パケット化遅延とは、圧縮した音声データを IP パケット化する際に生じる遅延である。1つのパケットに載せる音声データを小さくして送出間隔を短くすれば、遅延を小さくすることはできるが、音声パケットのオーバーヘッド(注3)が大きくなり、より多くの帯域が必要となる。

・処理遅延

処理遅延とは、機器の処理能力による遅延であり、パケットが通貨するすべての機器で発生する。高性能のハードウェアの採用やソフトウェアの実装方法の改善によって遅延時間を短くすることができる。

4.1.1.2 IP 網内の遅延

IP 網内では様々な箇所が遅延が発生するが、発生要因により伝送待ち遅延、伝送遅延、ノード内遅延及び伝播遅延に分類される。

・伝送待ち遅延

伝送待ち遅延とは、ゲートウェイや IP 網内のルータ等で、送信バッファに送られた音声パケットが、伝送路に送出するまでに待たされる時間である。例えば、イーサネットにおいて、伝送路上のトラフィックが混雑していた場合、音声パケットを伝送路へ送出できずに、結果として伝送待ち遅延時間は大きくなってしまう。したがって、伝送待ち遅延は、伝送路の使用率で決まる遅延であるともいえる。

・伝送遅延

伝送遅延は、VoIP ゲートウェイや IP 網内のルータ等で、送信バッファに送られた音声パケットを 2 進法のビット列として伝送路に送出するのにかかる時間である。したがって、装置から送出されるデータ量と、装置・ネットワーク間のインターフェースの伝送能力で決まる。

・ノード内遅延

ノード内遅延とは、主にルータで発生する遅延で、ルータがパケットを受信してからキューイング(注4)のためにそのパケットを内部の送信バッファに格納するまでにかかる時間である。最近のルータでは、ノード内遅延を数ミリ秒程度まで短くした製品もある。とはいえ、IP 網の経路上に多くのルータが存在する場合は、個々のノード内遅延が累積して大きな遅延時間になるので注意が必要となる。また、ルータの性能を上回るようなトラフィックが発生した場合には、ルータの CPU 負荷率(注5)が高くなり遅延が発生する場合もある。この遅延時間は、ルータ等の装置のデータ処理能力で決まるといえる。

・伝播遅延

その他の要因で発生する遅延として主なものに、伝播遅延がある。これは電気信号が伝送路上を伝播する時間であるが、極めて短い時間であるため、一般に企業内のネットワーク等では無視することができる。しかし、海外の拠点間や、衛星回線を経由した通信では、数十～数百ミリ秒の伝播遅延が発生する場合もある。この遅延時間は、ネットワークが信号を相手まで伝送するのにかかる時間で、伝播距離が長いほど、あるいは通過する装置が多いほど大きくなる。

4.1.1.3 受信側 VoIP ゲートウェイでの遅延

受信側ゲートウェイでは受け取ったパケットから音声データを取り出して伸張し、アナログの音声へ変換する。この家庭で発生する遅延には、ゆらぎ吸収遅延、逆パケット化遅延、伸張遅延、処理遅延がある。

・ゆらぎ吸収遅延

ゆらぎ吸収遅延とは、ゲートウェイのゆらぎ吸収バッファで発生する遅延で、音声パケットの到着間隔のゆらぎ(ジッタ)が発生した場合にゆらぎ吸収バッファでの待ち時間の分の遅延が発生する。

・逆パケット化遅延

逆パケット化遅延とは、受信した音声パケットから音声データを取り出すのにかかる時間分の遅延である。

・ **伸張遅延**

伸張遅延とは、圧縮された音声データを伸張するのにかかる時間である。伸張時は、フレーム受信直後からすぐさま伸張処理を開始できることと、アルゴリズムを参照しながら変換（伸張）するといった負荷の軽い処理で済む。圧縮時のようにデータを待ったり、アルゴリズムに従った解析処理を行うことがないため、その遅延時間は機器の処理能力に起因する。

・ **処理遅延**

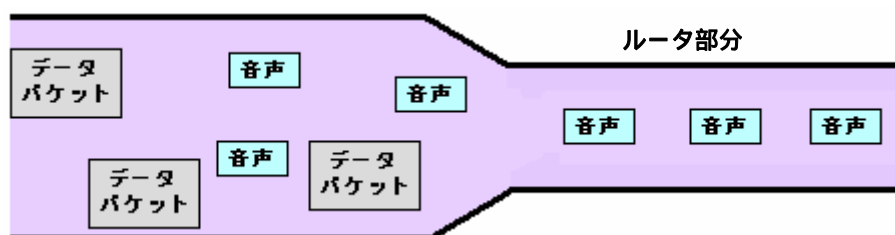
処理遅延は、機器の処理能力による遅延時間を指す。送信側ゲートウェイとハードウェアの性能やソフトウェアの実装方法によって遅延時間は変わってくる。

4.1.1.4 遅延対策

遅延に対処するには、データの圧縮・展開を何回も繰り返さないようにすること。また、ゲートウェイ機器そのもので起こる固定的な原因についての対策は、音声の優先制御機能（図2）やデータのフラグメンテーション機能（図3）などが搭載されているルータを利用することである。

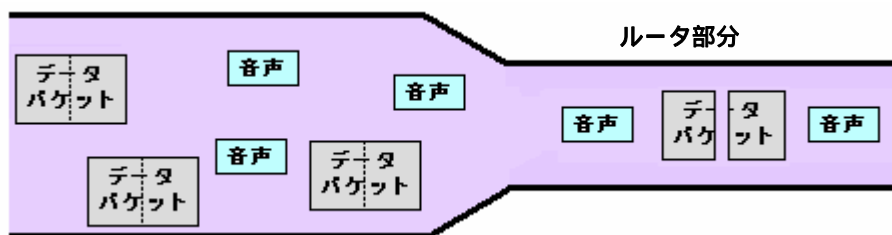
ルータの音声優先制御機能とは、到着したパケットの中で音声パケットを優先的に早く処理する機能である。フラグメンテーション機能とは、受信したパケットの大きさをそのまま受信するのではなく、指定した大きさにさらに分割して素早く送信する方法である。これらの機能は、VoIP ネットワークで使うルータには必須の機能であり、パケットの遅延対策に大きな力を発揮する。

図2：優先制御機能



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

図 2：フラグメンテーション機能



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

4.1.2 ジッタ及びその対策

送信側 VoIP ゲートウェイでは、音声をパケット化し、20 ミリ秒や 80 ミリ秒といった一定の送出間隔で送出する。しかし、IP 網を經由し相手先 VoIP ゲートウェイへ到着する時に、到着間隔にずれが発生することがある。この到着間隔のずれをゆらぎ（ジッタ）という。ジッタが大きくなると音声の途切れや音声の詰まりが発生する。この対策として、受信側 VoIP ゲートウェイでは、ゆらぎ吸収バッファを実装し、ジッタによる音声品質の劣化を抑えている。

4.1.2.1 ジッタの発生

ここでは、パケット長の長いデータトラフィックが密集して流れている場合を想定する。データパケットが流れている間は、ルータは音声パケットを送出できないため、音声パケットに遅延が発生する。一方、データパケットが流れていないときは遅延が発生しない。このようなことから、パケット到着間隔にジッタが発生する。特に、高速化された LAN と低速の回線を接続するルータでは、LAN 側から送出された長いデータパケットの処理に時間がかかるため、ジッタが発生しやすい。

また、IP 網ではパケットの送信元から相手先までの経路（ルート）が変化する。すなわち、あるパケットと、その次に続くパケットとが同一のルートをたどるとは限らない。こうしたルートの違いによって、伝送遅延時間に違いが生じ、ジッタが発生する。

4.1.2.2 ジッタ対策

ジッタによる音声品質劣化の影響への対策として、受信側 VoIP ゲートウェイではゆらぎ吸収バッファ（ジッタバッファ）を実装している。このバッファは、受信した音声パケットを一時的に格納し、パケット間隔を一定化してから音声の再生過程へ送る機能をもつ。ただし、バッファメモリを大きくすればジッタの影響は小さくなるものの、遅延が大きくなる。このため、ジッタバッファの制御において、使用する回線速度等に応じてバッファメモリを自動調整し、遅延を自動的に回復させる VoIP ゲートウェイもある。VoIP ゲートウェイは、一般的に 20 ミリ秒～2 秒程度のジッタバッファメモリを搭載している。

4.1.3 エコー及びその対策

音声ネットワークにおいて、通話の際自分の発声が遅れて聞こえてくることがある。この現象をエコー（こだま）という。一般にエコーは、伝送路損失が小さいほど、また遅延が大きいほど会話に対する妨害の程度が大きく、音声品質は劣化する。遅延が小さい従来の回線交換網でもエコーの発生はあったが、VoIP 音声ネットワークにおいてはパケット化による遅延が大きいため、エコーによる音声品質の劣化の影響がさらに大きくなっている。

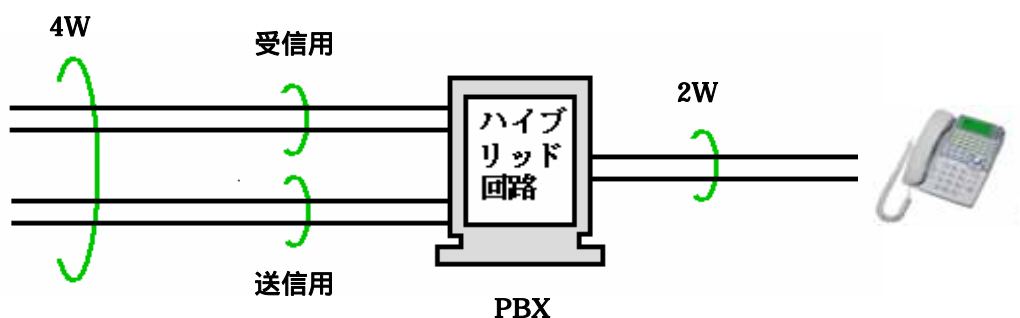
4.1.3.1 エコーの種類

エコーには 2 つの種類があり、一つは、4 線式トランクと 2 線式ローカルループの変換回路（ハイブリッド回路）で発声するハイブリッドエコーである。もう一つは、受信側端末のマイクロフォンとスピーカの間で発生するもので、アコースティックエコーという。

・ハイブリッドエコー

デジタル信号を送受信する中継線においては、1 回線を送受信に兼用することが困難であり、一般に 4 線式（4W）のものが使用される。この 4 線式の中継線を 2 線に交換/集約する回路をハイブリッド回路という（図 3）。4 線から 2 線の変換過程において、ハイブリッド回路内の抵抗値差による反射の影響で音の回り込みが発生し、送話側にエコーが届いてしまう。

図 3：ハイブリッド回路



出展：『図解 IP 電話標準テキスト』
に基づき筆者作成

・アコースティックエコー

アコースティックエコーとは、話し手の声が聞き手の電話機のスピーカで再生され、その音声が電話のマイクから回り込み、話し手に聞こえる現象である。ハンズフリー通話やテレビ会議などで、拡声してスピーカから音声を出力する場合は特にエコーの影響が大きくなる。

4.1.3.2 エコー対策

これらのエコーによる音声品質の劣化の影響を抑えるために、VoIP ゲートウェイではエコー除去機能としてエコーキャンセラを搭載している。受信側 VoIP ゲートウェイのエコーキャンセラは、音声遅延を予測し、内部で擬似エコーを発生させ、発生したエコーと総裁させることでエコーを打ち消す。ここで、音声遅延の予測をするためには、VoIP ゲートウェイのトレーニングが必要であり、これは通話の開始時や遅延変動が大きい場合に実行される。トレーニングの実行中は、エコーキャンセラが効かないため、通話開始時や遅延変動が大きい場合にはエコーが発生してしまうが、トレーニング終了後には遅延変動の少ないエコーを効果的に抑圧することができる。

4.2 IP 電話の番号

一般電話から IP 電話に接続するためには IP 電話の電話番号を検討する必要がある。総務省では、平成 13 年 6 月から「IP ネットワーク技術に関する研究会」において、IP 電話サービスの品質や番号計画などの技術的課題について検討を行い、平成 14 年 2 月に報告書を発表している。その報告書を受けて、総務省では電気通信番号規則の一部を改正し、IP 電話専用の電話番号として、「050」で始まる 11 桁の番号の付与を定めた。同時に、事業用電気通信設備規則を改正し、IP 電話サービス事業者が定め、維持すべき品質として、総合

品質を定めている。ここでいう総合品質とは、クラス A、B、C に相当する（表 1）。

これにより、事業者が IP 電話サービス事業において 050 で始まる IP 電話専用の電話番号を使用するためには、「総合品質がクラス C 以上」を満たしている測定結果と測定根拠をもって、総務省に申請し、その品質を維持管理することが義務づけられた。

現在、各通信事業者のサービスによっては、これまでの電話番号（0AB～J 番号）を引き継げるものもある。ただし、利用できないケースもあるので、事前に通信事業者を確認をとることが望まれる。

表 1：IP 電話の品質クラス分類

	クラス A (固定電話並)	クラス B (携帯電話並)	クラス C
総合伝送品質率(R)	> 80	> 70	> 50
エンドトゥエンド遅延	< 100ms	< 150ms	< 400ms
呼損率(接続品質)	0.15	0.15	0.15

R 値、遅延に関する表中の数値は 95%確率で満足させるものとする

ここでの固定電話並、携帯電話並とは、それぞれ通信品質に注目した場合を表し、その他の機能について既存の固定電話並又は携帯電話並を求めものではない。

出展：総務省 『IP ネットワーク技術に関する研究会』
報告書に基づき筆者作成

< 4 IP 電話の課題 - 注釈 >

(注 1) コーデック：アナログ信号をデジタル信号に変換したり、デジタル信号をアナログ信号に変換する装置や回路。

(注 2) アルゴリズム：問題を解決するための方法や手段のこと。

(注 3) オーバーヘッド：コンピュータで、目的の処理以外のところにかかる時間。

(注 4) キューイング：処理待ちのためにルータ内のバッファにパケットを格納すること。

(注 5) CPU 負荷率：ルータの CPU の使用率。処理するパケット数が多いほど高くなる。

5 企業での IP 電話導入

今日、電話と PC は、企業にとって必需品となっている。しかし、多くの企業では、今でも電話回線と PC のデータ回線とが別個に構築されている。どちらも通信回線でありながら、別々に運用されているため、その管理は複雑であり、経費もそれぞれにかかっている。しかし、最近の IP 網の普及と VoIP 技術の発展により、この非効率的なネットワークを一元的に構築・管理することができるようになり、企業の通信システムの見直しが行われるようになった。

この章では、企業が IP 電話を導入する上でのメリット、そして実際に導入した企業の実例を紹介したいと思う。

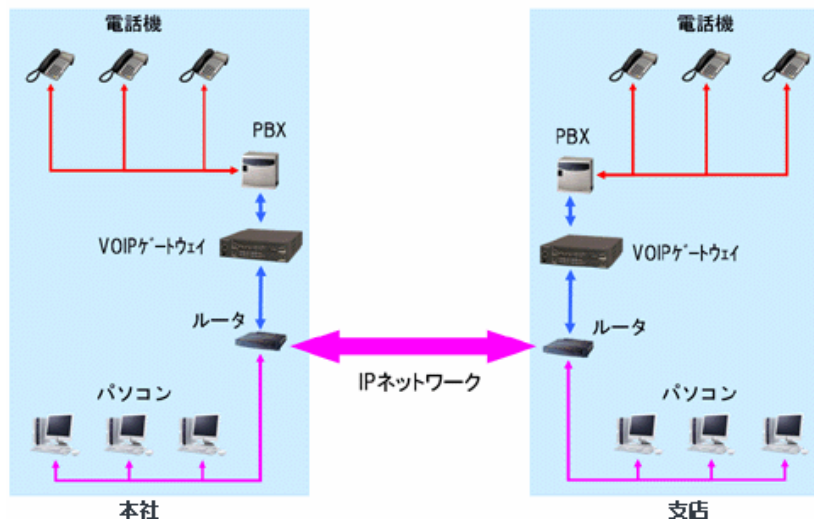
5.1 IP 電話の分類

企業で IP 電話を導入する上で忘れてはいけないものが内線電話である。従来の交換機であれば、電話機と電話機の間には PBX (Private Branch eXchange) と呼ばれる電話交換機を専用線などで繋げる方法などがあったが、IP 電話に変えた場合、主に 4 つの方式がある。それは、「VoIP ゲートウェイ方式」と「IP-PBX 方式」と「IP セントレックス方式」と「モバイルセントレックス方式」である。それぞれの違いについては次節で詳しく説明する。

5.1.1 VoIP ゲートウェイ方式

従来の本社と支店の間のネットワークは、通話用のアナログ専用回線と、データ通信用のデジタル専用回線をそれぞれ引かなければならず、回線使用料がかさんでいた。しかし、VoIP ゲートウェイ方式(図1)は、VoIP ゲートウェイと呼ばれる装置を PBX に繋いで使うことにより、通話用のアナログ回線をデジタル回線に融合し、デジタル回線のみで通話とデータのやり取りをすることが可能となり、通信コストを削減することができる。また、従来の PBX や電話機を生かしながら利用することができるので、新しく機材を購入する必要もなく、設備投資も最小限に抑えることができる。

図 1：VoIPゲートウェイ方式



出展：『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』
に基づき筆者作成

5.1.2 IP-PBX 方式

IP-PBX 方式とは、これまでの PBX に代わって IP 対応の PBX を利用することで、音声通話や、従来の PBX が持つ機能を、全て IP で処理することができる電話交換システムのことである。その特徴としては 2 つあり、1 つは音声伝送に VoIP 技術を使用し、通信網を効率的に使用することで、構築に必要な初期費用やランニングコスト（通話料、保守維持費用）を安く抑えられることである。

もう 1 つは、音声を IP 化することによって、音声通話とデータ通信を統合することができることである。音声を IP 化することにより、FAX や電子メール、その他のコンピュータシステムとの相性が良いだけでなく、コンピュータ上で動作する様々なアプリケーションと連動したサービスを利用できる。

VoIP ゲートウェイとの大きな違いは、内線電話として利用するにあたって、IP 電話と IP-PBX を結ぶ電話線がいらなくなり、無線 LAN で代替できることである。これにより、電話線の配線変更工事が不要となり、社員の異動の際の設定変更費用や工事費用が大幅に安くなる点である。

5.1.3 IP セントレックス方式

IP セントレックス方式とは、IP-PBX 方式を進化させたもので、これまでの PBX は、拠点ごとやビルごとに設置する必要があったが、この IP-セントレックス方式は、データセンターや本社など 1 ヶ所に IP-PBX を設置して、複数の拠点を集中的に管理しようというものである。この IP セントレックスには 2 種類あり、企業が IP セントレックスを自社で運用する場合を、「企業内 IP セントレックス」と呼び、ユーザー企業が毎月の利用料を通信事業者を支払って、通信事業者が運用する場合を、「IP セントレックスサービス」と呼ぶ。

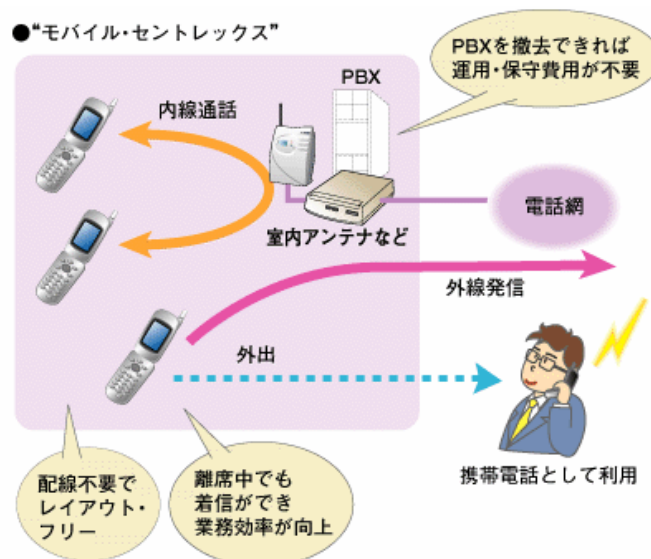
5.1.4 モバイルセントレックス方式

IP セントレックス方式の一形態として派生したモバイルセントレックス(図2)とは、PHS、無線 IP 電話、あるいは携帯電話に無線 LAN 機能を搭載したデュアル端末といった、携帯型端末を利用したものである。

デュアル端末は、携帯電話 / 無線 LAN の 2 つのモードを持ち、どちらかのモードに手動で切り替えるほか、電波状況によって自動的に切り替えることもできる。構内では無線 LAN アクセスポイントに収容される無線 IP 電話機として働き、PBX 機能を利用した内線通話やブラウザを用いたイントラネット(注1)へのアクセスも可能である。

無線 LAN の電波が届かない社外では、携帯電話モードに自動的に切り替わる。ただし、このときの通話料は、一般の携帯電話と同様に、携帯発信料金がかかる。

図 2：モバイルセントレックス方式



出展：ITpro Network ホームページ
『携帯&モバイル』から

5.2 IP 電話導入のメリット

企業が IP 電話を導入するメリットは主に、経費面でのメリット、組織面でのメリット、業務効率面でのメリットの 3 つが挙げられる。それぞれの特徴を次節によって説明する。

5.2.1 経費面でのメリット

音声信号を PC のデータ信号と同様にパケット形式に変換し、IP 網のみを利用した通信を行うことにより、現在契約している電話回線数を大幅に縮小することができる。つまり、その分の通信費の削減が可能となる。特に、国際通信や長距離通信においては、著しい効果が得られる。このメリットは、企業の経費削減に直接現れるので、収益を向上させる特效薬となる。

5.2.2 組織面でのメリット

企業内の通信インフラをデータ通信のネットワークに統合するという事は、通信網の運用管理の一元化にもつながる。つまり、電話回線の管理を総務部門が、LAN 及び WAN (注2)の管理を情報通信部門が行っていたものが一つに統合されることになる。これにより、企業内の組織の簡素化、あるいは人員の有効利用として中・長期的に企業にメリットをもたらす。

5.2.3 業務効率面でのメリット

VoIP 技術では、音声をパケット化し、各種アプリケーションデータとともに IP 網を通じて伝送するため、これらのデータを各担当者の PC 上で管理・利用することが可能となる。例えば、IP 電話と PC を連動させることで、電話着信と同時に顧客情報等を表示させたり、顧客情報を見ながら PC 画面上から発信することができる。

その他にも、ボイスメールの利用や FAX の送受信が電子メールと同様な操作で可能になる。また、フリーアドレスと呼ばれる、席を固定せずに社員が空いている席に座るという配置方法にも IP 電話は活用できる。IP-PBX を導入し、無線 LAN を設置することで、社員は空いている席に座り、電話機に ID / パスワードを入力することで、その電話機が自分の内線番号の端末となることができる。主に、外出が多い営業部門では、在籍率が 30 ~ 40 % とオフィスにいないことが多いのに、決まった場所に席があるため、オフィススペースの利用効率が良くない場合が多い。

最近では、モバイルセントレックスと呼ばれる携帯電話型 IP 電話の開発も進んでいる。これは、社内では無線 LAN の内線 IP 電話として、外出先では、一般の携帯電話として利用することができる。これにより、情報を的確に社内でも共有化して、仕事のスピードを上

げることができる。特に顧客への訪問などが多い営業担当の社員には、情報が行き渡らず、顧客対応の遅れにつながることもあるので、そういった時に、このモバイルセントレックスは役に立つ。

5.3 IP 電話導入事例

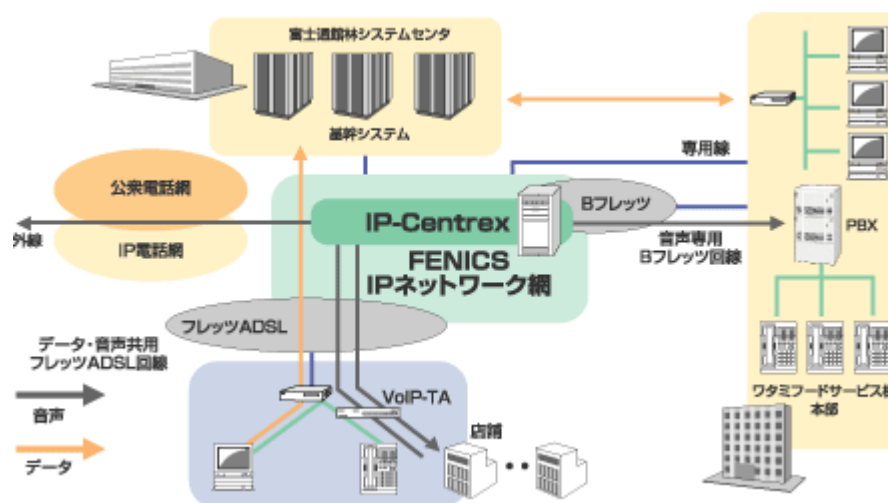
ここでは、実際に IP 電話を導入し、成果を挙げた企業をいくつか紹介したいと思う。

5.3.1 企業事例『ワタミ』

居食屋『ワタミ』などを全国的に展開しているワタミ株式会社は、500 を越す店舗を運営している。外食産業の厳しい市場環境の中にあって、2008 年の目標店舗数を 1000 店に設置するなど、急激な成長を続けている。ワタミでの従来の社内ネットワークインフラは、単なるデータ通信としか利用しておらず、本部と店舗間のコミュニケーションを密にしたり、他店舗への利用客を案内したりするなど、店舗相互のコミュニケーションを強化するには限界があった。更に、規模が大きくなるにつれて、通信コストの負担が大きくなり、宴会予約やアルバイト採用、メンテナンス受付など各店舗から本部へ送られる FAX は 1 日あたり 3000 件を超え、また、店舗から本部に膨大な本数の電話があるなど、従来のインフラでは限界が近かったため、IP 電話の導入に踏み切った。

既存の PBX や電話機を活用できる VoIP ゲートウェイ方式と IP セントレックス方式を採用し、本部やデータセンターへは専用回線で、各店舗はフレッツ・ADSL を利用した VPN で IP-VPN 網(注 3)に接続(図 2)。全店舗を内線化して、音声とデータを一回線に結合し、通信費の定額化を実現させている。新ネットワークインフラ導入の効果は、非常に大きいもので、例えば、本部でのデータ集配信作業は、導入前では 3 時間半かかっていたものを、わずか 12 分にまで短縮でき、通信コストは、1 店舗あたりで月額 1 万 5000 円かかっていたものを、月 6000 円まで削減できた。しかも定額制なので、月によって通信費が増える心配もない。

図 2：ワタミのIP電話ネットワーク



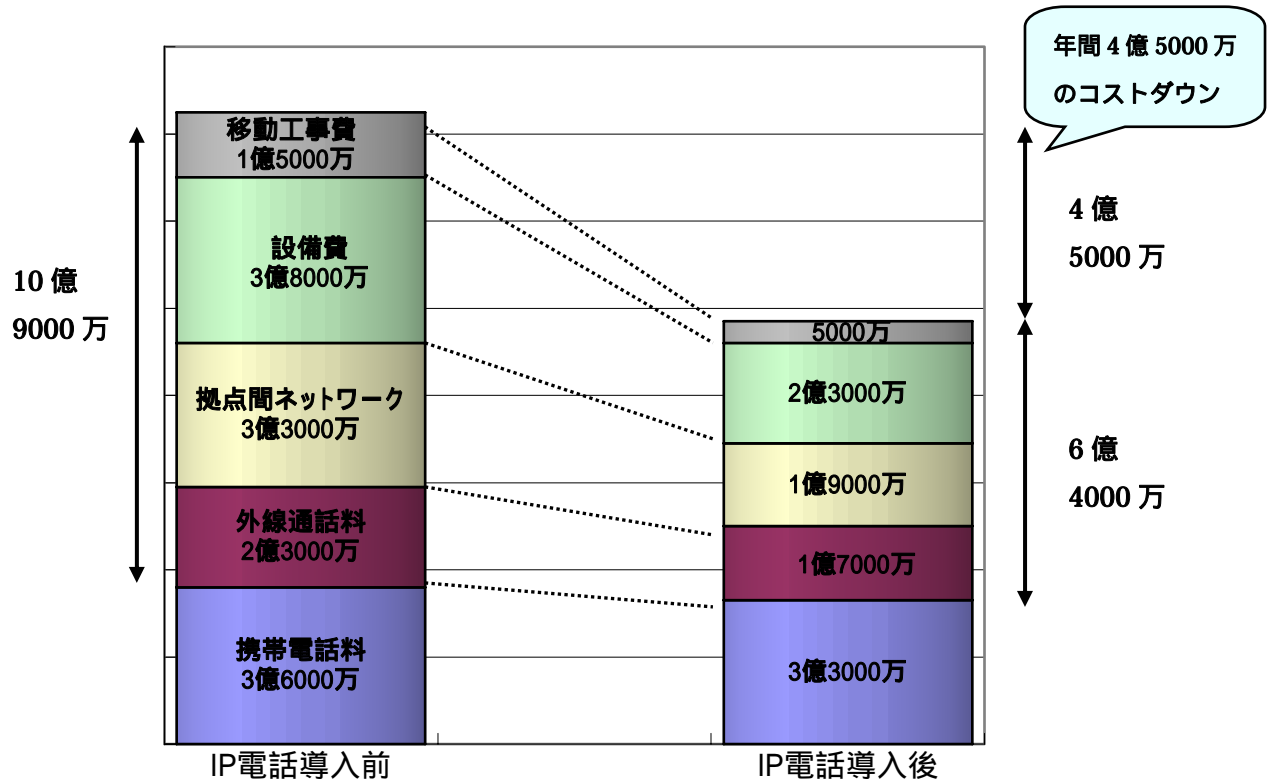
出展：富士通 ホームページ
『富士通ジャーナル』から

5.3.2 導入事例『大阪ガス』

大阪ガス株式会社は NTT 西日本の協力のもと、無線 LAN 対応 IP 携帯電話端末を組み込んだ社内電話システムを構築した。2005 年度から順次、約 1 万 2000 台の端末を 49 拠点に導入している。この端末は、携帯電話機に内線 IP 電話の機能を持たせたもので、社内にいるときは IP 内線電話として、外出時には携帯電話として使用できる。どこにいても社員が電話を直接受けられるので、社員が電話を取り次ぐ手間や、電話をかけ直すといった無駄な時間を削減できることになる。

大阪ガスの事業は、一軒一軒のお客様を訪問する外回りの作業が多いビジネス形態で、近畿 2 府 4 件で 670 万戸のユーザーを持ち、年間で 66 万戸分のガスメーターを交換している。従って、社内・社外のどこにいても自分のオフィスにいる時と同じように情報にアクセスして情報発信できる、業務環境を整備することとを効率化することが、情報通信部の最大の課題であった。それがこのモバイルセントレックス導入のきっかけである。これにより、外出先から社内のデータを参照したり、現場で撮影した動画を社内の情報システムに送信したりといった使い方ができるようになった。また、大阪ガスでは、社員 6000 人に対して内線の電話機が 1 万 2000 台、携帯電話が 4000 台もあり、電話機の数が非常に多いという特徴もあった。席替えが多く、電話の移設工事費が年間 1 億 5000 万もかかっていたが、それを約 4000 台の IP 携帯電話に変えたため、大幅に移設工事コストが下がり、電話設備や電話機にかかる費用と通信費は、それぞれ 5 割程度も削減でき、年間では約 4 億 5000 万のコストダウン効果を見込んでいる (図 3)。

図 3 : IP電話導入によるコストダウン



出展：『失敗しない IP 電話導入ガイド』
に基づき筆者作成

5.4 注意事項

企業で IP 電話システムを導入する際に注意しておかなければならないことに、FAX の利用とセキュリティの問題が挙げられる。ここでは、この 2 点に関してその問題と対策をまとめてみた。

5.4.1 IP 電話システムにおける FAX 伝送方法

インターネットが広く普及した現在でもなお、FAX は有力なデータ通信の手段として多くのユーザーに利用され、企業や家庭に浸透している。しかし、IP 電話導入後にトラブルになりがちなのがこの FAX である。FAX は、特定の周波数の音を利用して、データをやり取りしているが、音が瞬間的に切れたり、ノイズが入ったりすると、通信ができなくなることがある。

問題なのは、ネットワーク設計によっては、IP 電話でこうした瞬間的な音切れが発生し

てしまうことである。しかし、IP ネットワーク上でも注意すれば、FAX をきちんと利用することもできる。IP ネットワーク上で FAX を送る方法は、「見なし音声通信」、「メール型 FAX 通信 (ITU-T T.37 方式)」、「リアルタイム FAX 通信 (ITU-T T.38 方式)」の 3 つがある。

・見なし音声通信

見なし音声通信とは、FAX が使う音を「0」「1」のデータに変換して IP パケットに入れ、相手に届けるという方式である。FAX 端末から送出された FAX 信号を VoIP ゲートウェイが音声とみなし、RTP パケット (2.2.3.5 パケット化参照) に変換して相手 VoIP ゲートウェイに伝える。

ただし、ネットワーク上の様々な要因によりパケットの遅延やロスが発生した場合、宛先へ届く信号は、元の FAX 信号と異なるものになり接続遅延、接続不能などの障害が起こる可能性がある。

また、本来 FAX 伝送に必要な 14.4kbps の帯域が、本方式を採用すると RTP パケットのペイロードに 64kbps もの帯域が必要となるため、リアルタイム通信を実現できるものの、効率の悪い通信方法といえる。

・メール型 FAX 通信 (ITU-T T.37 方式)

T.37 方式とは、FAX 端末が送信した FAX データの全てを VoIP ゲートウェイあるいはサーバにいったん蓄積し、次いでその VoIP ゲートウェイまたはサーバから一括して相手先に電子メールの添付ファイルとして FAX データを送信する方式である。

この方式では、SMTP (注 4)、POP3 (注 5) といったプロトコルを使用するため、IP ネットワーク上での遅延やパケットロスによる伝送手順エラーは発生しないが、実時間性に欠ける。

受信側の端末は、FAX 端末だけとは限らず、FAX 端末あるいは PC の電子メールソフトウェアを用いて送信画を再現できる。

・リアルタイム FAX 通信 (ITU-T T.38 方式)

T.38 方式とは、FAX から受信した信号の意味を VoIP ゲートウェイが解釈し、IFP (Internet Facsimile Protocol) (注 6) と呼ばれる専用のデータ形式に置き換えて伝送する方式である。使用帯域が FAX 本来の帯域とほぼ同じ程度で済むことから、狭帯域回線でも利用できることと、IP 網上で発声するパケットロスや遅延、ジッタの影響を受けづらい点が特徴である。

5.4.2 セキュリティ問題

企業で IP 電話を導入する場合、多くの方が不安をもたれるのがセキュリティの問題である。IP 電話は IP ネットワークさえあれば世界中から接続できるので、通話内容を盗聴したり、他者の通話を妨害しようとする悪意を持つ人にも接続されてしまう危険性がある。また、データ通信で起こっている数々のセキュリティ問題も、IP 電話で発声する恐れがある。

IP 電話におけるセキュリティ上の脅威には、機能妨害、不正侵入、通話の妨害や切断、不正利用、情報漏洩などが挙げられる。これだけ IP 電話の脅威を並べると、IP 電話はとても危ないシステムという印象を持たれてしまうかも知れないが、どんな攻撃があるかを理解して、対策をきちんと施しておけば、セキュリティを保ちながら安全に利用することは可能である。

ここでは、多くの攻撃からセキュリティを保つための基本的な対策を表 1 でまとめてみたので参考にしてもらいたい。

表 1：IP電話システムに関するセキュリティの脅威とその対策

脅威の種類	攻撃の例		主な対策
機能妨害	UDP フラッド	相手に UDP パケットを送り付けて、他のパケットの通信を妨害する	ファイアーウォールの防止機能を利用する
	Ping of Death	サイズの大きい ICMP パケットを送り付けて、サーバや IP 電話端末などをクラッシュさせる	異常なパケットを監視する IDS (不正アクセス監視システム) の統計的検知機能を利用する
	異常パケットの送付		ファイアーウォールで、「ステートフル・インスペクション機能」を利用する。この機能は、ファイアーウォールを通る情報を監視して、矛盾がないかを判断する
	リプレイ攻撃	相手が送ったり実施したパケットを傍受し、再度空いてに送ることで作業を妨害する	
	DoS 攻撃	システムの脆弱なポイントに大量の要求を送りつけて、サービス機能を不能にする	IP 電話のネットワークとデータ網を分離する
DDoS 攻撃	複数のコンピュータから、ほぼ同時に仕掛けられる DoS 攻撃		

不正侵入	ポートスキャン	しらみつぶしに様々なポートあてにパケットを送って、サーバーを見つけようとする。	不要なアプリケーションやポートは使わないようにする
	バッファオーバーフロー攻撃	大きなデータを空いてに送り、用意してあるバッファにデータが収まらず、プログラムに異常動作させる	脆弱性を封じるパッチの適用を徹底する
呼の妨害や切断	Tear Down	確立しているセッションを第三者が勝手に切断する	アンチウイルスソフトの利用を徹底する。また、ファイアウォールでパケットのフィルタリング機能を利用する
不正利用	なりすまし		IP 電話端末などの認証機能の利用を徹底する
	SPIT	迷惑電話	異常なパケットを監視するIDS(不正アクセス監視システム)の統計的検知機能を利用する。また、電話番号非通知の電話を拒否する
情報漏洩	通話内容の盗聴		音声データの暗号化
	通話先の内容やディレクトリ情報の収集		

出展：『失敗しない IP 電話導入ガイド』
に基づき筆者作成

< 5 企業での IP 電話導入 - 注釈 >

(注1)イントラネット:インターネットで利用される技術やサービスを転用して構築した企業内の LAN や WAN のこと。

(注2)WAN:広域情報通信網と訳す。企業の本社と支社などのように、離れた場所にある LAN どうしを結んだネットワークのこと。

(注3)IP-VPN:通信業者が保有する IP 通信網を利用して構築する VPN。通信業者内のネットワークで構築するため、開かれたネットワークであるインターネットを通すよりも安全性が高い。一般的には通信業社内のネットワークで構築するものを指す。

(注4)SMTP:RFC821で勧告されている、電子メールを送受信するためのプロトコル。

(注5)POP3:電子メールの受信に利用させるプロトコル。現在のバージョンはPOP3。

(注6)IFP:インターネットFAX用のプロトコル。

6 IP 電話の未来

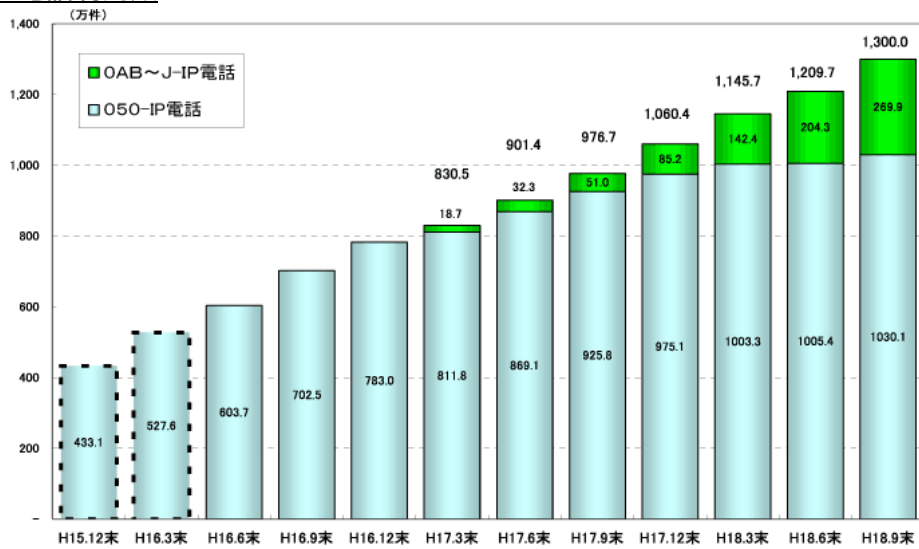
6.1 IP 電話の普及率

IP 電話は、平成 18 年 9 月末で約 1300 万件の利用があり、対前年同期比 33.1% 増と引き続き増加傾向にある(表 1)のに対し、固定電話は同年約 5700 万件と多いながらも、対前年同期比 1.0% 減と毎年減少傾向にある。消費者モニター調査による各契約電話の加入理由としては、固定電話を契約している理由(表 2)には「昔からそのサービスを利用しているから」という理由が 59.3% と最も多く、料金面や機能面では特に注目されていない。それに対し IP 電話を契約している理由は料金が安いという理由が 73.9% と圧倒的に多い。今後 IP 電話が普及し、一般電話に取って変わろうとするならば、こうしたブランド的な価値が必要となってくるだろう。

また、IP 電話の短所として消費者から多く寄せられているものが、「緊急通報にかけられない(28.5%)」、「通話品質が固定電話より劣る(27.7%)」の 2 つで過半数を超えている(表 3)。消費者の目から見て、電話というものが、いかにライフラインとして大事であるかがうかがえられる。なるべく早い段階にこの 2 点に関しては、改善が必要となるであろう。

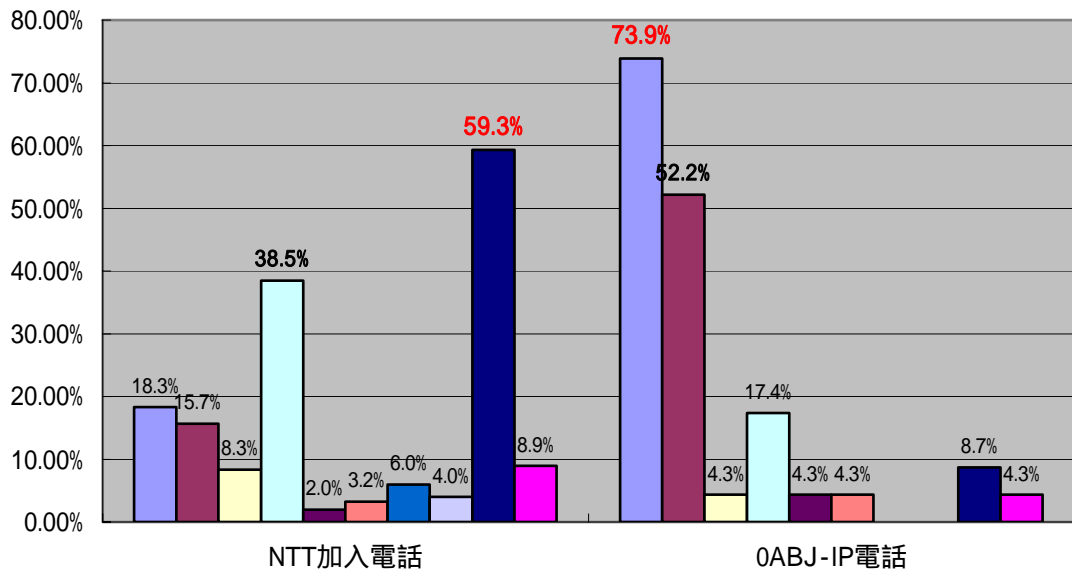
さらに、現在はまだ IP 電話提供事業者同士の相互接続がそこまで拡大しておらず、一部の通信事業者同士でしか無料通話の実現されていないが、今後これがますます発展していき、全ての IP 電話で無料通話の実現されれば、それは社会にとって大きなメリットとなる。しかし、その反面通信事業者の収入源が問題にもなってくる。ソフトフォンを提供してインターネット電話同士の通話料無料を実現させているスカイプ社を例にとってみれば、主な収入源は広告費とスカイプアウト(注 1)といったオプション料金だけである。それでも年間 5000 万ドルほど収入を得ている。まだ、当分の間は携帯電話等への通話料などでも収入を得られるだろうが、いずれ携帯電話もモバイル IP 電話として通話料無料の時代が来るかもしれない。今後事業を発展させていくなれば、新しい有料オプションの追加や、新しいデバイスの開発は必要となってくるだろう。

表 1：IP電話利用数



出展：総務省 ホームページ 『電気通信サービスの加入契約数の状況（平成 18 年 9 月末）』から

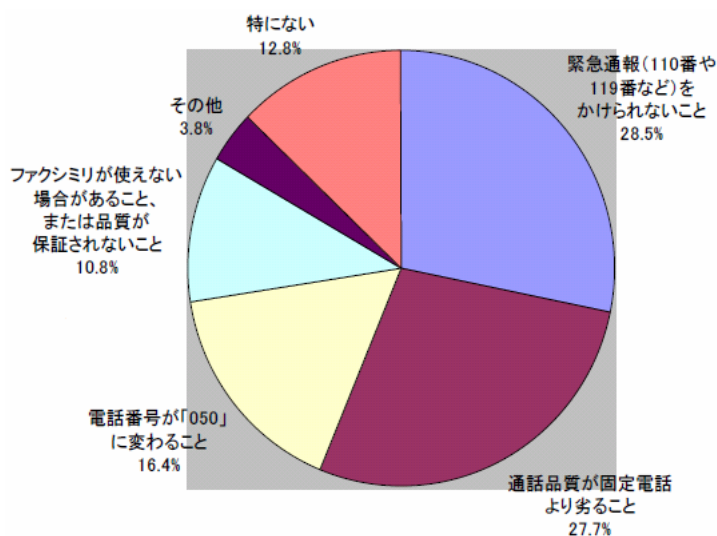
表 2：電気通信サービスの加入理由（複数回答）



- 加入している固定電話の料金が他に比べて安いから
- 携帯電話やインターネット等とのセット割引があったから
- 顧客対応・アフターケアが充実しているから
- 事業者のブランドや信頼性が高いと思ったから
- 他の固定電話サービスよりも多くの相手先にかけることができるから
- 音質など高い通話品質で通話できるから
- FAXなどの付加機能が充実しているから
- 他に使いたいサービスがあるが、そのサービスが提供されていないから
- 昔からそのサービスを利用しているから
- その他

出展：総務省 ホームページ 『電気通信事業分野における競争状況の評価（平成 17 年度）』から

表 3：IP電話の短所の評価



出展：総務省 ホームページ 『電気通信サービスの供給側 / 需要側の動向調査(平成16年度)』から

6.2 ユニバーサルサービスの実現

これまでのIP電話に対する課題が全てクリアされ、IP電話を使ったテレビ電話の利用やWebを連動させた会議システム、在宅医療システムなど、アプリケーションの連帯が拡大すれば、いよいよIP電話は「ユニバーサルサービス」を実現させることができるかもしれない。ユニバーサルサービスとは「どこでも、誰でも利用できる」を念頭に置いた計画で、現在はNTTが一般回線網のユニバーサルサービスを政府から義務付けられている。このお陰で、たとえ利益が出ないと分かっている離島であっても、電話回線が常にひかれており、日本全国どこへでも電話をかけることができる。

今後しばらくは、一般加入電話回線もそのまま利用されていくと思われるが、現状の一般回線設備の老朽化によるリプレースや回線網の増強などが検討される段階で、IP電話を中心に考えた新しい設備が導入されることになるかもしれない。その場合、問題となるのはライフラインとしての信頼性である。従来の電話システムは効果な設備で、その通話品質は最良であった。そのため、それと同等以上の設備をIP電話で実現するには、まだまだ通話品質なども含めて解決しなければならない部分が多くある。

また、もし本当にユニバーサルサービスが実現された場合、大きな問題が1つ残る。それは現在ある一般回線網をどうするかということだ。IP電話のユニバーサルサービスが実現されたからといって、固定電話がなくなるということは想像できない。とはいえ、採算の取れない離島へのサービスをNTTが続けるとも思えない。そうすると、考えられるのは過疎地や離島に住む人々にこれまでよりもずっと多くの負担を強いるしかないということ

だ。その金額を利用者の通信費に組み込むと大変な額になりそうなので、結局は自治体の補助金のような形で処理せざる終えない。そんな予算はないということになれば、固定電話は一切廃止して携帯電話に切り替えられるかもしない。私としては、再び一般電話を国有化に戻しても良いのではないかとも思っている。どちらにしても、全国の電話システムを IP 網に切り替えようとしたら、大変な混乱が起こることも予想される。

ユニバーサルサービスがどのようにして実現できるかは、これからに期待したいところである。

< 6 IP 電話の未来 - 注釈 >

(注 1) スカイプアウト : Skype から他の電話機へ電話をかけるための有料オプション

おわりに

IP 電話がもたらした通信業界の変貌はとても大きなものであった。現在のテレビ CM で NTT が必死に光 IP 電話で巻き返しを図ろうとする姿を見れば一目瞭然である。電話 = NTT という時代がようやく終わりを迎えようとしている。しかし、それは電話という概念そのものまで大きく変えてしまうものかもしれない。電話とは音声を伝えるための道具として見てきたが、IP 電話では音声はもちろんのこと、チャットや映像、ゲームなど、従来の電話では出来なかったことが、全てデータというものに置き換えて利用することができる。「音声とデータの融合」とは言うが、電話はもはやマルチメディアサービスの 1 つに過ぎない。一般電話回線の別利用として考えられた ISDN から IP 網が広まり、通信の自由化は電話から始まった話だったにも関わらず、電話が IP にのみ込まれる格好でインターネット技術への統合が図られるとは、誰が想像できただろうか。もはや「電話」という言葉は消えていくべき運命を負ってしまったのかもしない。

《参考文献・URL》

【書籍】

- 町田徹 『巨大独占 NTT の宿罪』 新潮社 2004 年
藤井耕一郎 『通信崩壊 IT 革命と規制緩和の結末』 草思社 2003 年
IP 電話普及推進センタ 『図解 IP 電話標準テキスト』 (株)リックテレコム 2006 年
今泉弘幸 『図解雑学 IP 電話』 ナツメ社 2004 年
日本データ通信協会 IP 電話研究会 『失敗しない IP 電話導入ガイド』 日経 BP 社
2006 年
湯山 尚之 『よくわかる最新 IP 電話の基本と仕組み』 (株)秀和システム 2003 年
武井一巳 『Skype ではじめる「無料 IP 電話」徹底入門』 (株)メディア・テック出版
2005 年
高橋隆雄 『Asterisk でつくる IP 電話システム』 秀和システム 2005 年
鳥山 隆一 『これでカンペキ！ IP 電話企業導入』 (株)ソフトバンク パブリッシ
ング 2003 年

【その他】

- 総務省 <http://www.soumu.go.jp/>
株式会社メガ <http://www.mega.co.jp/>
株式会社フルスピード <http://www.fullspeed.co.jp/>
ITpro <http://itpro.nikkeibp.co.jp/image/2006/theme/network/network.gif>
富士通 <http://jp.fujitsu.com/>