

## ■5群 (通信・放送) - 6編 (公衆・専用ネットワークサービス)

### 3章 国際通信サービス

(執筆著者: 荻野長生) [2011年3月 受領]

#### ■概要■

通信サービスの急速なグローバル化に伴い、国際通信の発展は目覚ましい。国際通信には多数の国や通信事業者がかかわっており、マルチキャリア環境で信頼性の高いサービスを提供するため、種々の配慮が必要である。国々によって通信方式が異なる場合も多く、方式の標準化あるいは標準方式変換による異方式間の相互接続の重要性が高い。国際伝送路は長距離に及ぶため、これに対応する工夫がなされる。伝送遅延への対処としてエコーキャンセラが適用され、時差による通信需要の時間変動を利用した効率的な網運用も考慮される。国際通信の品質を地域にかかわらず保証するために、標準擬似接続に基づいて、品質規定が定められている。

長距離国際伝送路は、通常、光海底ケーブルと国際通信衛星により設定される。これらの国際回線のデジタル化により、大容量化と高品質化が実現され、低コスト化が著しい。複数の国にわたるデジタル網の網間接続は、多重化ハイアラキーの異なるPDH網間のインターワーキングやクロックの異なる国内網を相互接続するためのプレジオクロナス網間接続などにより実現される。またSDH (synchronous digital hierarchy) の国際網への導入も急速に進んでいる。長距離伝送路の有効利用のため、低レート音声符号化や音声挿入を活用したデジタル多重化伝送も用いられる。国際電話のような公衆通信サービスでは、国際中継交換機により他国宛の接続や課金処理が行われる。全世界的な相互接続のために、国際番号計画や国際発信プレフィクスが定められている。更に、課金処理サービスの多様化に伴い、交換付帯処理やインテリジェントネットワーク技術が重要な役割を担っている。

国際通信の主要設備には、国際中継交換機や通信網管理施設などが設置される国際通信関門局と海底ケーブル陸揚局や衛星通信地球局のような国境局がある。これらの施設では、トラヒックの輻輳や装置障害が他キャリアとの情報交換も一部含めて監視され、ルーティングの制御や障害時のレストレーションが複数のキャリアの協調により行われる。また、企業活動の多国籍化に伴い、国際専用線による国際企業通信網や国際VPNの普及が著しく、更には国際間のWANや、いわゆるグローバルイントラネットの構築へと発展している。

電報、テレックスや電話から利用が進んだ国際通信は、ISDN、更にはATM網やフレームリレーの導入により、データ通信を含めたメディアの多様化や伝送の高速化が進み、サービスの高度化と低価格化が図られてきた。国際電話では、オペレータ通話や自動通話のほか、着信国オペレータ直接応答電話サービスや国際電話料金着信払いなどサービスが充実し、需要が急増した。テレビジョン衛星中継やSNGに代表される国際映像伝送及び海事衛星通信も、国際通信ならではのサービスである。また、グローバルなサービスの向上を目指して、多くの国にまたがる企業網を一元的に提供するための国際ワンストップショッピングサービスや通信キャリア間の提携が顕著である。近隣の地域を含め、多数の対地宛の国際通信需要を集約して扱うための国際通信ハブも新しい動きとなっている。インマルサットのような国際機構に加えて、個別衛星システムの利用も進んでいる。移動通信サービスの国際間ローミングあるいは衛星携帯電話や国際パーソナル通信など新たなサービスも実現されている。

最近の傾向では、電子メールや WWW アクセスなどの爆発的な広がりによるインターネット接続サービスの進展が著しい。インターネット接続サービスでは、インターネットにおけるグローバルなアドレスの利用により、国内・国際を意識することなく、様々なインターネット上のサービスを享受することができる。また、近年の ADSL や光加入者回線などの広帯域アクセス技術の発展は、インターネットへの常時接続を可能とした。これにより、定額制料金に基づくインターネット接続サービスが実現し、本サービスの普及を後押ししている。更に無線アクセス技術の発展によって、携帯端末からもインターネットに接続できるようになり、インターネットが個人の生活を支える重要な社会基盤となりつつある。一方、全世界に広がるインターネット上のサービスを利用可能とするため、複数のインターネットを相互接続するインターネットエクスチェンジサービスも出現している。

インターネット技術の発展に伴い、通信キャリアの網においても、電話サービスを含めた各種固定系及び移動系通信サービスを IP 網上に統合する次世代ネットワーク (NGN) の導入が開始されている。NGN においては、セッション制御情報やプレゼンス情報などの網内情報をサードパーティーに開放することにより、インターネットとの連携も考慮されている。一方、企業網においても、インターネット技術に基づく IP-VPN やイーサ VPN の導入が急速に進められている。

## ■5群 - 6編 - 3章

### 3-1 国際通信ネットワークの概要

(執筆著: 荻野長生) [2011年3月 受領]

#### 3-1-1 国際通信網の構成

国際通信は各国の国内通信網を相互に接続するネットワークにより実現される。通常、図 3-1 に示すような構成により、国際通信網が構築される。電話や ISDN のような公衆通信網の場合、各加入者は加入者線を経て、国内通信網に接続されている。国際通信トラフィックは、国内通信網から国際通情事業者の国際関門局を経由して、国際回線に接続される。近年では、セルラ電話のような移動通信網やインターネット網からの接続も実現されている。

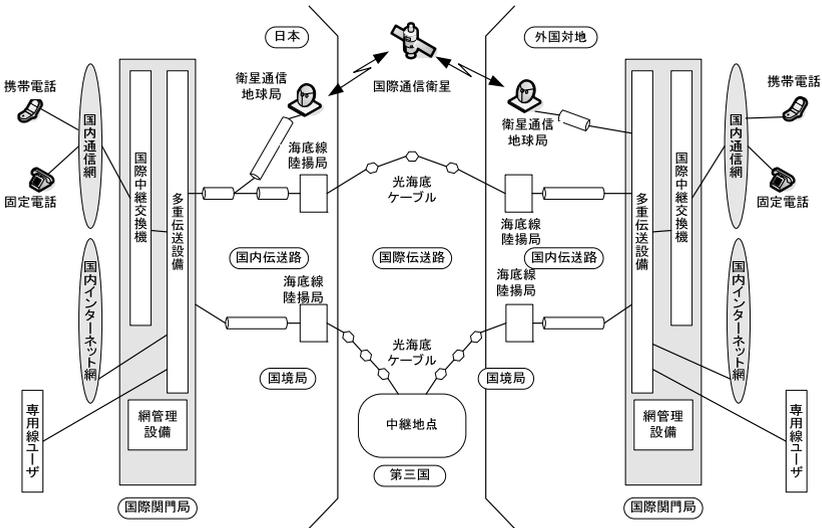


図 3-1 国際通信網の構成

国際関門局には国際中継交換機が設置され、オペレータ通話の場合は、ここで呼の接続処理が行われる。国際関門局の主要設備として、国際回線の伝送遅延に対処するためのエコーキャンセラや対地ごとに国際回線を多重化するための伝送端局装置が備えられる。ネットワークの運用と管理をつかさどる網管理設備も国際関門局に設置される。国際回線は通常対地ごとに国際関門局どうしを直結回線で接続して設定される。このため、各国の国際関門局がメッシュ状のネットワークで相互に接続される。直結回線の設定が困難な場合には、第三国を中継する回線設定が行われることもある。

国際伝送路には主に光海底ケーブルもしくは通信衛星が用いられる。海底ケーブルでは、海底線陸揚局から主だった対地の陸揚局宛に大容量の直結伝送路が提供される。衛星回線の場合は、衛星通信地球局から通信衛星を経由して多くの対地に柔軟にあまねく回線を設定可能である。通常国際関門局は需要の多い都市部に設置されるため、陸揚局や地球局などの国

境局との間は国際通信用の国内伝送路で結ばれる。

国際関門局は一国について、必ずしも1局に限るわけではなく、国際伝送路も光海底ケーブルと衛星回線など異なるメディアの複数のルートにより伝送路を設定しておくことが普通である。これは、障害時に特定の対地宛の回線がすべて不通になることを避けるためである。

一方、国際専用線の場合には、利用者から専用回線が国際関門局の伝送設備に直接接続され回線が設定される。インターネット網は基本的には専用回線を使って構成されるため、国内からのインターネット回線は国際関門局の伝送設備に直接接続される。しかし、国内のインターネットプロバイダと海外のインターネットプロバイダを相互接続するインターネットエクスチェンジを介して、国際関門局の伝送設備に接続される場合もある。衛星通信の場合には、ユーザ構内に設置する超小型地球局(VSAT)あるいは都市部に設置するビジネス用ゲートウェイ地球局から通信衛星にアクセスすることで、専用回線を外国対地に直接設定することもできる。

このほかインマルサットのような国際移動衛星通信の場合には、まず国際関門局から海岸地球局に呼が接続される。海岸地球局は、担当する大洋領域の船舶、航空機、陸上移動局宛に、網管理局によるデマンド割当ての指示に従って、衛星回線を設定する。更に非静止衛星の実用化に伴い、パーソナル端末を用いたグローバルサービスも提供が開始されている。このシステムでは、ゲートウェイ地球局から見通せる非静止衛星を用いて、携帯端末の位置にかかわらず通話が可能になる。

### 3-1-2 国際通信サービスの発展

国際通信回線は、古くは19世紀の電信用海底ケーブルに始まり、長く短波通信に頼ってきた。20世紀後半に入り、同軸ケーブルによる海底ケーブル、続いて衛星通信が実用化されるに及び、国際通信サービスは飛躍的な発展の時代を迎えた。伝送容量の広帯域化、伝送品質の改善、アナログ伝送からデジタル伝送への移行に支えられ、国際通信は著しい発達を遂げた。その結果、国際通信料金はほかに例を見ないほど低コスト化された。

1980年代後半から実用化された大容量光海底ケーブルにより、この傾向は決定的なものとなった。企業ユーザが主であった国際通信は、一般のコンシューマ層の個人利用に身近なものとなった。表3・1はこのような国際通信サービスの発展の過程をまとめたものである。

#### <新技術による新サービスの実用化>

電報、テレックス、電話が長く国際通信の主要サービスであったが、まず電話ファクシミリや音声帯域モデムの普及により、電話回線の利用形態が広がった。しかし、本格的な新サービスの導入をもたらした主な要因は、伝送路の大容量化とデジタル化であった。まず、衛星通信による広帯域伝送路の実現により国際テレビジョン伝送が可能となった。データ通信の実用化に伴い、国際通信においても、公衆パケット交換サービスなどの提供が開始された。本格的なデジタル伝送の実用化は国際ISDNの導入や専用線のデジタル化によって完成されたといえる。国際テレビ会議も実用化されている。

企業網の多様化により、フレームリレーやATMの利用が進み、インターネットの急速な普及は、国際通信においても顕著である。一方、インマルサットのサービス開始により国際移動通信も実用化された。非静止衛星による衛星携帯電話の実現から本格的な国際パーソナル通信へと発展してきた。

表 3・1 国際通信サービスの発展

年	内容
1871	東京-上海の海底電信回線の完成
1930	国際無線電話を開始
1953	国際電信電話株式会社 (KDD) 設立 (民営国際通信サービス開始) [主なサービスは短波通信による国際電報, 国際電話など]
1956	国際テレックス業務開始
1966	国際テレビジョン伝送業務開始 (インテルサット衛星中継)
1971	テレビジョン標準方式変換の運用開始
1977	国際ダイヤル通話の6秒ごとの課金開始
1978	海事衛星通信サービス開始
1980	国際電話回線を利用したデータ伝送とファクシミリ伝送 (みなし通話) の取扱い開始
1982	国際公衆データ伝送サービス開始
1984	中高速符号伝送専用回線サービス開始 (1,200bit/s~56kbit/s)
1985	メッセージハンドリングサービス (MHS) の商用化
1986	料金着払い自動通話サービスの開始 着信国オペレータ直接応答サービスの開始 国際テレビ会議サービスの開始
1987	国際ファクシミリ通信 (Fポート) の開始 ルートKDDサービス開始
1989	ITJ, IDC が国際電話サービスを開始 [国際通信が3社体制に移行] 国際ISDNの開始
1990	国際オペレータ通話専用プリペイドカードの販売開始
1991	国際内線電話サービス (VPN) の開始 航空衛星電話サービスの開始
1994	国際フレームリレーサービスの開始
1995	インターネット国際ゲートウェイサービスの開始
1997	国際ATMサービスの開始
2000	国際ローミングサービスの開始
2001	国際IP-VPNサービスの開始
2002	インマルサット (海事衛星) データ通信サービスの開始 国際IP電話サービスの開始 国際イーサVPNサービスの開始
2005	イリジウム (非静止衛星通信) サービスの開始
2006	国際間データセンター運用サービスの開始

最近では、加入者系の広帯域化により、インターネットへの常時接続サービス提供が可能となり、また社会基盤としてのインターネット上での各種サービスの高度化も図られている。インターネット技術の発展に伴い、電話サービスを含めた各種通信サービスを IP 網上に統合する次世代ネットワーク (NGN) の導入が開始されている。NGN においては、各種網内情

報のサードパーティへの開放により、インターネットとの連携も考慮されている。一方、企業網においても、インターネット技術に基づく IP-VPN やイーサ VPN の導入が急速に進められている。

### <利便性の向上>

国際通信サービスは、言語や各国の制度の相違などを考慮する必要があるため、種々の工夫がなされてきた。国際電話の場合、長くオペレータ通話が主流であったが、自動ダイヤル通話の実用化と交換機の付帯機能の強化により、サービスや課金方式の多様化が進んだ。クレジット通話のほか、着信国自動課金や着信国オペレータ直接応答サービスが実現された。プリペイドカードによる国際通信も普及が進み、一部の国々では IC カードの採用も始まっている。

大口ユーザに対しては、直接国際関門局まで専用加入者線を設定し、割引サービスが提供されるなど、サービスの選択肢が広がっている。専用線の場合には、ワンストップショッピングのほか、ネットワークの設計と構築のサービスや顧客の通信機器やサーバ装置の設置運用を通信事業者が請け負うハウジングサービスなどがある。

インターネット接続サービスの普及とともに、各種セキュリティ機能の提供など、広域性かつ匿名性の高いインターネット利用の利便性を高めるサービスも出現している。更に携帯端末の普及に伴い、携帯端末を使った個人認証、電子決済、電子ショッピングなど、移動通信網を利用して個人の社会生活全般を支援する動きが進んでいる。

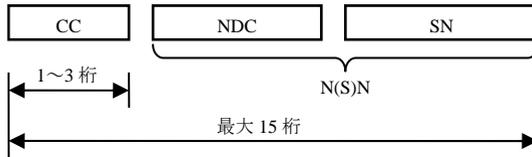
## ■5群 - 6編 - 3章

### 3-2 国際電話系サービス

#### 3-2-1 国際番号計画

(執筆者: 奥田達彦) [2011年3月 受領]

公衆電気通信網において、世界中の任意の端末に接続したり識別したりするための端末への番号付与方法をいう。国際番号計画はITU-Tにおいて標準化されており、主に電話番号や移動体端末の識別番号（電話番号ではなく国際ローミング時の端末識別などに利用）などが利用されている。電話番号の番号計画は勧告 E.164 に、移動体端末を識別するための番号計画は勧告 E.212 に規定される。勧告 E.164 では地理的な番号やサービス識別番号（国際フリーフォンなど）などいくつかの電話番号の種類が定義されている。そのなかで、国内で一般的に使用される固定電話番号や携帯電話番号を対象とした番号の構造を図 3・2 に示す。



CC : Country Code (国番号)  
NDC : National Destination Code  
SN : Subscriber Number  
N(S)N : National(Significant)Number (国内番号)

図 3・2 勧告 E.164 の番号構造

CC (Country Code) は、国ごとやエリアごとに定められた 1～3 桁で表される番号（例えば、日本は“81”，英国は“44”）を用いる。NDC (National Destination Code) は、局番（トランクコード）や、国内に複数の事業者網がある場合の網識別番号を意味し、SN は加入者番号を意味する。日本では、固定電話の市外局番（先頭の市外プレフィックス 0 を除く）＋市内局番が NDC に該当し、続く 4 桁の番号が SN に該当する。同じく、携帯電話では、080 や 090 で始まる番号の最初の 0 を除く頭 5 桁（80XXX, 90XXX）が NDC に、続く 5 桁が SN に該当する。NDC と SN を合わせたものを N(S)N といい、国内の電話番号を表す。CC と NDC と SN を合わせた最大桁数は 15 桁と規定されており、日本は、11 桁または 12 桁で使用している。

次に、勧告 E.212 で定義される移動体端末の識別番号を図 3・3 に示す。

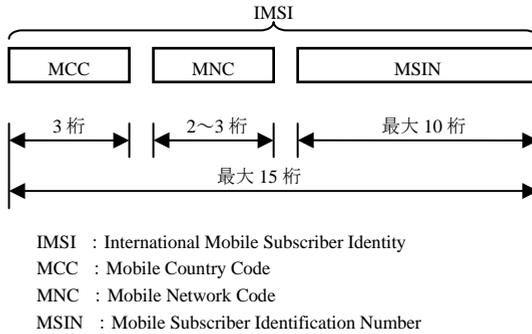


図 3・3 E.212 の番号構成

IMSI は携帯端末の識別に用いられるものである。IMSI は SIM カードに記録されることが一般的であり、端末そのものと紐付いているとは限らない。IMSI により各端末 (SIM カード) は国、事業者網を越えてユニークに識別されるため、例えば国際ローミングにおいて渡航先の事業者網が当該端末の加入先事業者網と連携を取る場合に IMSI から加入先事業者網を特定するといった用途で用いられる。IMSI は MCC、MNC、MSIN の 3 要素からなる。MCC は国ごとに定められるコード、MNC は各国内の事業者網ごとに定められるコード、MSIN は加入者番号を示す。

### 3-2-2 国際電話サービス

(執筆者: 松尾一紀) [2011年3月 受領]

国際電話には、主に以下のサービスが提供されている。

- ① 国際ダイヤル通話 (international direct dialing) : 利用者が直接ダイヤルすることにより、交換機が自動で海外に接続する通話サービスである。利用方法は、電話機から直接、各社の国際アクセス番号に続けて国番号以下の先方電話番号をダイヤルする。料金は 6 秒単位で計算される。
- ② 国際オペレータ通話 : 国際通信会社に申し込み、オペレータが接続する通話で、番号通話、指名通話、コレクトコールの 3 種類がある。番号通話では、相手の電話番号だけで申し込む。指名通話は通話相手を指名し、オペレータが相手を電話口まで呼び出す。課金は相手が呼び出されて通話が可能となった時点から開始される。これらの通話料金は最初の 3 分間が基本料金で、追加は 1 分単位である。コレクトコールは、着信側が料金を払う通話で、オペレータは先方の承諾を確認してから接続を行う。オペレータが国内外の電話を 3 箇所以上同時につなぐ国際会議通話サービスもある。
- ③ 国際クレジット通話 : 料金を通信会社のコーリングカードや一般の商用クレジットカードに課金する通話サービスである。自動ダイヤル通話の場合は、専用のアクセス番号をダイヤルした後、カード番号、暗証番号、先方の電話番号を音声ガイダンスに従ってダイヤルする。オペレータ通話では、番号通話、指名通話などの料金をクレジットカードで支払える。その際、データベースを照会して暗証番号や利用状況からカードの正当性を確認する。一方、これと同じアクセス方式で自動ダイヤル通話が可能なプリペイドカー

ども販売されており、カード金額に応じた分数まで通話できる。

ただし、上記②、③のうち、オペレータを介するサービスについては、自動ダイヤル通話普及に伴う需要減により、サービス提供が縮小される傾向にある。

### 3-2-3 国際 IP 電話サービス

(執筆者: 澤田拓也) [2011年3月 受領]

現在各国での固定電話及び携帯電話の一部は VoIP (Voice over IP) 技術を用いて提供されている。国際間においても、同様に VoIP 技術を用いた電話サービス提供が行われている。ここでは、VoIP 技術を用いた国際電話サービスの提供を「国際 IP 電話サービス」として、その導入事例について説明する。

#### (1) 接続形態

##### (a) 国際事業者間の VoIP 接続

国際事業者間で MG (Media Gateway) を用いて IP 電話サービス (VoIP:Voice over IP) を導入する形態。MG にて既存電話網 (回線交換網) とのプロトコル変換, メディア変換を行う。

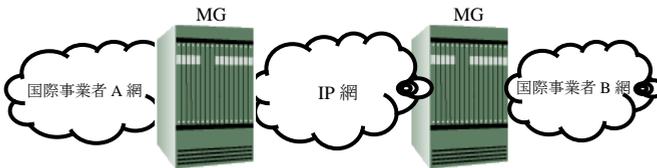


図 3・4 国際事業者間接続

##### (b) 国際事業者内の IP 網化

国際事業者内の拠点間を IP 網化する形態。MG にて既存電話網 (回線交換網) とのプロトコル変換, メディア変換を行う。SBC (Session Border Controller) にて IP 電話網間のプロトコル変換/終端, メディア変換/終端を行う。

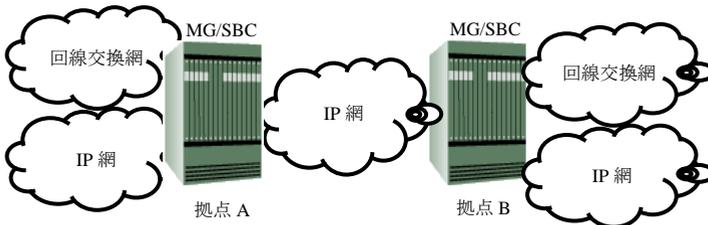


図 3・5 国際事業者内の IP 化

#### (2) 目的と課題

目的として「ネットワークコストの削減」と「既存回線交換装置の設備更改に伴う新技術

導入」があげられる。帯域圧縮利用コーデックによる音声品質の劣化や IP 化によるデータ呼 (FAX, モデム通信など) の品質維持が当面の課題である。

### (3) その他

多くの国際事業者は IP 網として公衆インターネット経由 (一部 IPLC (International Private Leased Circuit) 経由もある) で IP 電話サービスを提供している。利用されるプロトコルとして、SIP (Session Initiation Protocol), H.323 などがある。また、代表的な音声コーデックとしては G.711, G.723, G.729 などがある。

### 3-2-4 国際 ISDN サービス

(執筆: 澤田拓也) [2011年3月受領]

国際 ISDN (Integrated Services Digital Network) は、国際間でのデジタル通信サービスの提供を可能とするため、1989年6月に日米英間で世界で初めて実現されて以来、その後も導入が進んでいる。我が国においては、図 3・6 に示すように、国際通信事業者が有する ISDN 加入者線交換機に直接収容された顧客が利用する形態 (加入契約) と、国内通信事業者の ISDN 網の加入者が国内網を経由してアクセスする形態 (利用契約) により、利用されている。

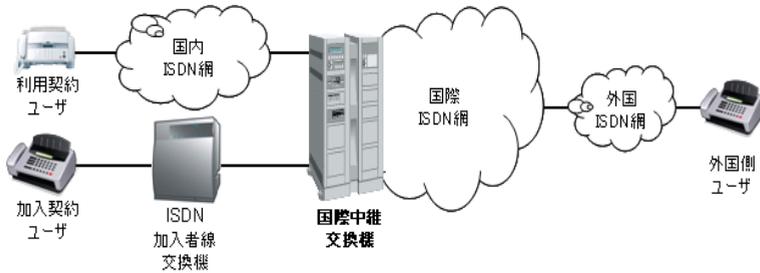


図 3・6 国際 ISDN

加入契約のユーザ・網インタフェースでは、① 基本インタフェース、② 一次群インタフェース (22B+D または 30B+D) に加えて、③ 中間インタフェース (2~16B+D) が準備されている。国際 ISDN では、国際間の信号方式上の制約、相手国の国内事情などのため、提供される付加サービスの内容が国内に比べて制限及び通信する相手国により可能な付加サービスが異なるが、一般的に発信者番号通知、サブアドレス、端末整合性などの付加サービスが提供されている。図 3・7 にサブアドレスの使用例を示す。

具体的なサービスの使われ方としては、高速データ通信や国際 TV 会議通話などに用いられており、回線速度としては、64 kbit/s を基本としているが、複数の回線を束ねることで増速を可能としている。なお、相手国が米国の場合には、56 kbit/s 網との相互接続をするために特別な対応が必要となる。このため国際中継交換機では、一般の 64 kbit/s 回線とは別に 56 kbit/s 対応の国際 ISDN 回線を具備し、接続を行っている。

また、国際 ISDN サービスを提供するには、エンド・ツー・エンドでデジタル回線による接続を行う必要がある。このためユーザより ISDN での接続要求を国際中継交換機で受け

た場合には、ISDN 回線を選択するとともに国際網に遠でもデジタル回線にて接続を行うよう国際網へ送信する接続要求信号のなかにデジタル回線要求の旨を設定して接続を行う。

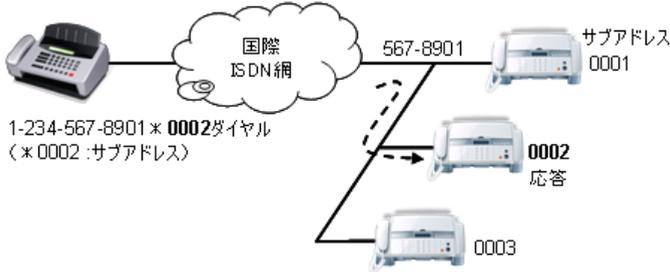


図 3・7 サブアドレス使用例

### 3-2-5 衛星携帯電話サービス

(執筆: 河合宣行) [2011年3月 受領]

通信衛星を利用した携帯電話である衛星携帯電話は、1996年に静止衛星によるインマルサットミニ M システム (ノートサイズ可搬型) がサービス開始された後、1990年代後半には非静止衛星によるハンドヘルド型端末サービスとしてイリジウムが1998年、グローバルスターが2000年に相次いでサービス開始した。イリジウム、グローバルスターはサービス開始直後、過大な初期投資負担や加入者数の伸び悩みから破産状態に陥ったが、その後再建され、サービスが再開されている。一方、2000年代はじめには、大型静止衛星 (地域型カバレッジ) によるハンドヘルド型端末サービスとして、スラヤ (アラブ首長国連邦) が2001年に、ACes (インドネシア) が2000年に、各々サービスが開始された。また、2007年には、インマルサットがACesとの連携で、ハンドヘルド型サービスの IsatPhone サービスを開始した。表 3・2に主な衛星携帯電話サービスの主な方式を示す。

表 3・2 衛星携帯電話サービスの主な方式

	ミニ M	イリジウム	スラヤ	ACes
衛星種別	静止衛星 (インマルサット)	非静止衛星 (衛星数 66, 極軌道, 軌道高 780km)	静止衛星 (地域型)	静止衛星 (地域型)
サービス	音声, FAX, データ	音声, データ, SMS	音声, FAX, データ	音声, FAX, データ
端末	ノートサイズ	ハンドヘルド	ハンドヘルド	ハンドヘルド
サービス開始	1996年	1998年	2001年	2000年

### 3-2-6 国際ローミングサービス

(執筆: 荻野長生) [2011年3月 受領]

国際ローミングサービスとは、主に移動通信サービスにおいて、国際間に拡張されたローミングサービスを指す。多くの国における共通の携帯電話方式である GSM が早くに対応し、

オペレータ間相互協定により、多くの国の間で国際ローミングサービスが提供されている。国際ローミングサービスにより、渡航先でも全く電話番号を変えずに国際及び国内電話着信を受けることができ、渡航先における国際及び国内電話発信も行うことができる。本サービスの実現には、国際的に端末を一意に識別できる共通識別子の使用、ローミング端末に着信させるための国際間での位置情報などの転送やルーチング、及び課金情報交換機能が必要となる。現在では、電子メールやサイトアクセスなど、利用者が元々加入しているホーム網の提供サービスを、ローミング先でも享受できる VHE (virtual home environment) も実現されている。

渡航先における携帯電話方式が異なる場合でも、複数の携帯電話方式に対応した携帯電話端末が存在する。この場合には、端末における簡単な設定変更で、国際ローミングサービスを受けることができる。また、普段国内で使用している携帯電話端末から渡航先の携帯電話方式に対応した携帯電話端末へ IC カードを差し替えることにより、国際ローミングサービスを享受できるようにした、IC カード対応端末も存在する。更に、海外渡航者の利便性を増す意味で、このような IC カード対応端末のレンタルサービスも行われている。

インターネットでも国際間で同様のサービスが始まっており、国際ローミングサービスがこの意味で用いられることも多い。

## ■5群 - 6編 - 3章

### 3-3 国際交換方式

#### 3-3-1 国際中継交換機 (INTS)

(執筆著: 天野秀紀) [2011年3月 受領]

国際中継交換機は、その国と外国との間で発着する国際通話及びその国を中継して諸外国に着信する国際通話を中継継続する役割をもち、国内網と外国網との接点に位置する。各国の網はそれぞれの国の事情や歴史的経緯から国ごとに異なる条件をもっており、国際接続ではそれらの違いを調整する機能が必要となる。このため国際中継交換機は次のような特徴をもつ。

- ① **信号方式**: 国際信号方式は国内用の信号方式とは異なり種類も多い。国際中継に用いる信号方式の主流は、ITU-T 勧告に基づいた No.7 信号方式と呼ばれる信号方式であり、接続を行うための制御信号と通話音声伝える回線とは分離する方式となっている。また、各国とも VoIP 技術の急速な発展により、国際網においても SIP や H.323 といった制御用プロトコルを用いて国際間の接続を行い、IP パケットによる音声伝達も始まっている。また、国際中継交換機は、国内網と国際網間の中継接続を行うため、それぞれの信号方式差分に対して必要な加工/吸収を行っている。
- ② **エコー制御**: 国際接続では伝送遅延が通話品質上無視できないため、エコー抑制制御が必要となる。国際中継交換機では、通話ごとに音声かデータ通信であるか判断し、必要に応じてエコー抑制制御を有効/無効としている。
- ③ **符号化方式の変換**: 音声符号化圧伸則には、CEPT (Conference of European Posts and Telecommunications) 系の A 符号化則と日本、米国系の  $\mu$  符号化則が混在する。国際間における伝送では、符号化圧伸則の異なる国との接続に際して、A- $\mu$  変換が必要となる。このため国際中継交換機では、あらかじめ回線ごとに相手国が A 符号か  $\mu$  符号かをデータとしてもたせ、必要に応じて符号変換を行う機能を具備している。
- ④ **課金処理**: 国際通話の料金は、利用者から収納した通話料金を、通話接続を行った国際中継事業者間で分配する必要がある。この国際分収は、発信国/着信国間に加え、第三国を中継した場合には、中継国へも分配する必要があることから、利用者から料金を収納するデータのほか、国際中継交換機では通話ごとに発信国や経由回線を記録した課金データの収集を行っている。
- ⑤ **回線制御**: 国際間の回線は、海底ケーブルもしくは通信衛星回線にて接続されている。現在は、通信品質やコストの観点から海底ケーブル回線が主流になっている。
- ⑥ **ルーティング制御**: 国際中継交換機は、着信先ごとにあらかじめ設定されているルーティングデータに従い、回線接続を行う。なお、選択した国際回線への接続タイミングにおいて、相手国から同一回線への捕捉を避ける (接続回線の衝突) ため、国際間にて事前に規定された優先順位に従い選択回線を決定する。

また、国際通話の場合、中継国や以遠の回線状況などにより接続が困難な場合が想定される。このため、接続時に選択した回線が相手交換機より切断された場合には、その切断要因を判断し、必要に応じて異なる回線、交換機を自動的に選択し再接続 (リルーティング) を行う機能を具備している。図 3・8 にリルーティング処理を示す。

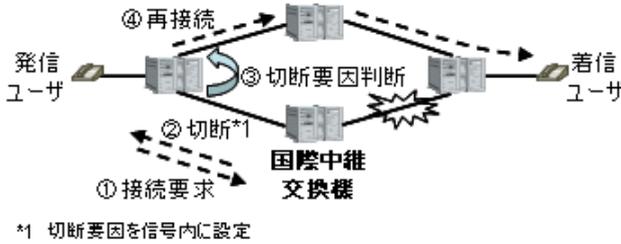


図 3・8 リルーティング処理

### 3-3-2 国際信号方式

(執筆者: 天野秀紀) [2011年3月 受領]

国際中継交換機間で回線の接続制御に使われる国際信号方式は ITU で標準化されており、No.1 から No.7 までと R1, R2 の方式がある。No.1 から No.5 までと R1, R2 は、電話回線上で信号を送受する方式で、回線対応信号方式 (または個別線信号方式) と呼ばれる。No.6 と No.7 は通話回線とは別のデータ回線で複数回線の制御信号を送る方式で、共通線信号方式と呼ばれている。現在では、No.7 信号方式の使用がほとんどを占め、一部の国との間で No.5 信号方式が使われている状況である。

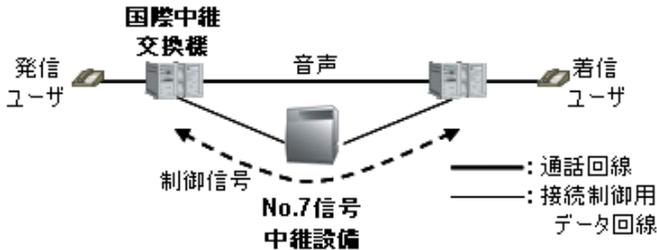


図 3・9 共通線信号方式 (No.7 信号方式) 概念図

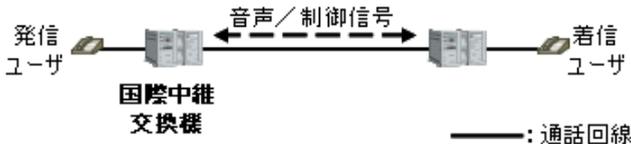


図 3・10 回線対応信号方式 (個別線信号方式) 概念図

No.7 信号方式は、専用のデータ回線により接続制御を行うが、その制御は階層化され、物理的な制御階層 (レベル 1)、データ回線の確立制御 (レベル 2)、信号網の制御 (レベル 3)

呼通信の制御（レベル4）に分かれている。レベル4には、更に TUP（Telephone User Part）と呼ばれる電話サービスの接続に特化した信号方式と ISUP（ISdn User Part）と呼ばれる電話のほか ISDN などの高度サービスにも適用される信号方式がある。ISUP 信号方式は信号長が可変長であることから融通性が高く、対地により使用する信号方式は異なるが、現在では ISUP 信号方式が主流となっている。

No.5 信号方式は、f1 (2400 Hz) / f2 (2600 Hz) と呼ばれる 2 種類の周波数信号を組み合わせ、電話回線上に信号を送受することで、通信の起動や呼出、応答、切断といった接続制御を行っている。

なお、現在も回線交換をベースとする中継交換機が主流ではあるが、昨今の急速な IP 技術の発展により、国際間においても VoIP 技術を使った IP 通信制御での接続も行われている。

### 3-3-3 国際課金方式

（執筆者：天野秀紀）[2011年3月 受領]

国際電話の課金は、着信国の対話者が応答した時間から、発信者または対話者が受話器を置くまでの時間によることと定められており、発信国の国際中継交換機にて着信国からの応答信号の受信時刻と発信者からの切断信号受信時刻を記録することなどで計測されている。この場合、課金先の識別のため、発信者番号が発加入者線交換機から国際中継交換機まで、信号により呼ごとに転送される。

また、課金先の形態としては、前述の発信先番号への課金のほか、(a)クレジットカードへ課金される形態、(b)着信先番号へ課金される形態などがある。

(a)のクレジットカードへ課金する場合は、国内の利用者がダイヤルした専用のアクセス番号が国際中継交換機まで信号中継され、受信した国際中継交換機ではクレジットカードの番号入力を促し、課金可能な番号であるか認証を行った後、着信先の国際中継交換機へ接続を行う。

(b)の着信先番号へ課金する場合は、国際間にてあらかじめ決められているアクセス番号にて着信先の国際中継交換機へ発信し、着信側国際中継交換機では、同アクセス番号を基に通常の発信時と同様の課金処理を行う。なお、各課金形態ごとに用いるアクセス番号は、国あるいは国際中継キャリアごとに異なる。

そのほかにも、公衆電話からの国際電話利用時に行われるリアルタイム課金方式がある。この課金処理は、利用者があらかじめ公衆電話端末に投入した金額を通話時間に応じて減算する必要があり、発信先ごとに設定されている 1 度数あたりの通話可能分数を国際中継交換機より通話開始前に送信し、通話開始後、定量的に減算を行う。

なお、利用者から収納した料金は、その通話接続に関係した国との間で国際分収される。

図 3・11 に料金の国際分収概念図を示す。



図 3・11 国際分収 (料金) 概念図

### 3-3-4 セッションゲートウェイ

(執筆者: 堀 賢治) [2011 年 3 月 受領]

Internet Engineering Task Force (IETF) 標準のプロトコル Session Initiation Protocol (SIP) に準拠したメッセージ (以下, SIP メッセージと呼ぶ) の転送をつかさどるエンティティ。

端末から送信される SIP メッセージは, ネットワークに配置されるサーバ (以下, プロキシサーバと呼ぶ) が中継転送する。この際, SIP メッセージ中の経路制御に関する要素以外の変更は基本的に行われぬ。しかしながら, 高度なサービスの提供やセキュリティ上の対策, あるいはネットワークの管理境界の明確化などのために, プロキシサーバとは異なる方法で SIP メッセージを転送する必要がある。このためのエンティティをセッションゲートウェイ, または, Back-to-Back User Agent (B2BUA) と呼ぶ。

B2BUA の中でも, SIP メッセージに限らず, Real-time Transport Protocol (RTP) に準拠したメッセージなどのマルチメディアストリームを中継転送するエンティティをセッションボーダコントローラ (Session Border Controller: SBC) と呼ぶ。更に, マルチメディアストリームのフォーマットを解釈し, 符号化方式の変換機能を提供する SBC をトランスコーダと呼ぶことがある。

B2BUA はソフトウェア実装される場合が多い一方, マルチメディアストリームを中継転送し, 更に, 符号化方式の変換機能を提供するトランスコーダはその処理に多くの資源が必要なため, ハードウェア実装される場合が多い。

### 3-3-5 音声信号の符号化

(執筆者: 伊藤啓司) [2011 年 3 月 受領]

音声信号の PCM 符号化では, SN 比を実効的に改善するため, 非線形特性をもつ圧伸則を用いる。ITU-T 勧告 G711 では, 圧伸則として, A 法則と  $\mu$  法則の 2 種類を規定している。2 国間でこの異なる符号化則を採用してデジタル回線を設定する場合は, A 法則に従った符号化を用いて伝送することとされており, 符号化則の変換は,  $\mu$  法則を使用する国で行われる。これを A- $\mu$  法則変換 (A- $\mu$  code conversion) という。2 国間で同じ符号化則を採用している場合には, そのデジタル回線には同じ符号化則が用いられる。 $\mu$  法則と A 法則の変換則も, G711 で規定されている。

### 3-3-6 エコーキャンセラ

(執筆者: 松尾一紀) [2011 年 3 月 受領]

国際伝送路は長距離に及ぶため, 信号の伝搬遅延が大きく, 2 線式加入者線と 4 線式中継

線とを結ぶハイブリッドトランスのインピーダンス不整合によって、4線区間受信回線から送信回線への信号の漏えいによるエコーが発生する。エコーキャンセラは、4線区間に挿入されて、受信信号とエコーによりエコー経路の伝達特性を推定して擬似的なエコーを発生し、これを引算器によりエコー信号から差し引いてエコーを消去する。引算器で除去できなかった微小な残留エコー成分については、低いレベルの信号のみを強制的に取り除く非線形素子（センタクリッパ）で消去する。エコーキャンセラの特性は、ITU-T 勧告 G.165 により規定されている。

### 3-3-7 DCME (digital circuit multiplication equipment)

(執筆者：伊藤啓司) [2011年3月 受領]

DCME は、デジタル音声挿入 (DSI: digital speech interpolation) と低レート音声符号化 (LRE: low rate encoding) の二つの技術を組み合わせて用い、一定の伝送路容量に対し、より多くの電話信号を収容可能とする装置である。

通常の会話では、一方が話す時間が数秒程度と短く、その間は他方が聞き手になる。会話の途中には両者とも話さないポーズが必ず存在する。DSI は、この特性を利用した統計多重技術であり、音声入力信号強度が一定レベルに達したときのみ回線を割り当てることで、伝送路の有効利用を図っている。更に DCME では LRE 技術による多重度向上を図っており、ITU-T 勧告 G.763 では、32 kbit/s ADPCM のほか、16 kbit/s LD-CELP が規定されている。

DCME では、伝送路の回線数以上の音声信号を同時に入力すると、クリッピング（話頭切断）が生ずる。また、ファクシミリ信号の伝送では、回線が長時間占有されるため、ほかの音声信号で話頭切断が発生しやすくなる。そのため、DCME には、LRE の符号化レートを下げ等価的に回線数を増加させる機能、クリッピング発生を交換機に通知する DLC (dynamic load control) 機能、及びファクシミリ信号を元のデータ信号に復調し伝送する機能が具備されている。更に、交換機からの制御により、64 kbit/s 信号をそのまま伝送することもできる。

## ■5群 - 6編 - 3章

### 3-4 国際映像伝送サービス

(執筆者：砂島彰生) [2011年3月 受領]

国際間の映像伝送は、1962年に周回衛星に中継器を搭載したテルスター1号衛星により欧米間で開始され、翌年、日米間において初めてのテレビ衛星中継が実施され、米ケネディ大統領の暗殺事件というショッキングなニュースが配信された。その後、1965年にインテルサットが設立され、静止衛星による国際映像伝送サービスが開始されたが、インテルサット衛星の随時映像回線がデジタル化される2001年頃までは、主に衛星を使用した伝送帯域幅20MHzのアナログFM方式により行われてきた。

しかしながら、高効率デジタル画像符号化技術の進歩と1994年のMPEG-2 (Moving Picture Experts Group) に代表される規格の標準化に伴い、1994年の米国を皮切りに各国で多チャンネル衛星デジタル放送が開始 (日本も1996年にCSデジタル放送が開始) され、翌年のDVD規格制定など、デジタル画像符号化は急速に普及し、国際間の映像伝送も、上記インテルサット衛星映像回線のデジタル化以降、急速にMPEG-2符号化によるデジタル方式へ移行することとなった。

また、伝送メディアに関しても、1996年日米間に総容量10GbpsのTPC-5CN光海底ケーブルシステムの開通以降、数十Gbps、数百Gbpsの光海底ケーブルシステムが順次開通し、HDTV (High Definition Television) 広帯域映像信号の伝送ニーズの高まりと相まって、放送型やSNG (satellite news gathering) 利用形態を除き、国際映像伝送サービスは光海底ケーブルが主流となっている。

これまで、映像伝送サービスは、映像信号の広帯域性、バースト性により、ほかのネットワークとは独立した専用のネットワーク上に構築されてきた。近年、MPEG-2の2~3倍の圧縮効率をもつH.264/MPEG-4AVC (2003年規格制定) 符号化による映像符号化装置 (通称: コーデック) が普及しつつあり、より少ない帯域での伝送が可能になっている。また、通信事業者各社が次世代通信ネットワークとしてIPベースの統合ネットワークの構築を予定しており、今後、国際間の映像伝送に関しても、それら統合ネットワークにおいて、映像信号をほかの音声信号やデータ信号と同様に扱う時代がくることが予想される。

#### 3-4-1 カラーテレビジョン方式変換

従来アナログテレビジョン方式における世界標準には、NTSC、PAL、SECAMの3方式があり、HDTV (High Definition Television: 高精細テレビジョン) との比較において、SDTV (Standard Definition Television) 信号と呼ばれている。一方、HDTV方式についても、SDTV同様、各国で採用方式が異なっている。

これらの異なる方式間では、走査線数や毎秒のフレーム数が異なっている。そのため、世界各国で異なるSDTV方式間で番組交換を行うためには、走査線数や毎秒のフレーム数を変換する必要があり、HDTV方式についても、走査線1125本 (有効走査線1080本)、画面の縦横比 (アスペクト比) 16:9が標準化されているが、毎秒のフレーム数を変換する必要がある。

走査線数の変更は、同一フィールド (フレーム) 内の上下の走査線から内挿フィルタなどにより新しい走査線を作成し変換を行い、フレーム数の変更は、前後のフレームから内挿フ

ィルタなどにより新しいフレームを作成し変換を行っている。このとき、動き補正技術などを採用することで、より高品質の変換画像が得られる。

なお、SDTV 信号から HDTV 信号への変換（アップコンバージョン）や HDTV 信号から SDTV 信号への変換（ダウンコンバージョン）においても、これら技術が採用されている。

## ■5群 - 6編 - 3章

### 3-5 国際データ通信系サービス

(執筆者：堀 賢治) [2011年3月 受領]

#### 3-5-1 国際インターネット VPN

インターネットを介して構築される仮想私設通信網 (VPN) をいう。インターネットは、一般に不特定多数のユーザが接続しているが、インターネット VPN によれば特定のユーザ内あるいは企業内の閉域ネットワークを構築することができる。

インターネット VPN を構築するためには、インターネット上でのセキュリティ (通信の秘匿化, 通信相手認証, 及び通信経路上での情報改ざん防止) を実現する必要がある。このため、IPSec (Security Architecture for Internet Protocol) や SSL (Secure Socket Layer) といったトンネリングプロトコルが用いられる。このためにユーザや企業の拠点には、IPSec や SSL に対応するゲートウェイが必要となる。ゲートウェイは単体装置で提供される形態のほか、ルータやスイッチの機能として内蔵される形態、PC などの端末装置が代行する形態がある。

インターネット VPN はインターネットを経由して構築されるため、回線維持費用が IP-VPN やイーサ VPN に比して低い。一方、通信遅延や帯域の保障は困難である。このため一般に、コストが重視される場合はインターネット VPN, 通信遅延や帯域が重要な用途では IP-VPN やイーサ VPN といった使い分けがなされる。

インターネット VPN は国際展開された、グローバル IP アドレス体系下の公衆網を利用する。このため、通信対地が国際間の場合も国内どうしの場合も、基本的にはゲートウェイの設定内容に差異は生じず、比較的手軽に構築でき、通信コストも安価である。しかし、相手国や地域によっては回線が頻繁に途切れる、必要な通信速度が得られない、法規制などによりセキュリティを確保しづらいなどの課題がある。このような課題が問題となる場合、IP-VPN やイーサ VPN が利用される。

#### 3-5-2 国際 IP-VPN

通信事業者が独自に構築した閉域 IP 網を介して構築された仮想私設通信網 (VPN) を IP-VPN という。閉域 IP 網上にユーザや企業のネットワークどうしを直結する仮想専用線を構築するものと、閉域 IP 網上に仮想ルータ機能を提供し、ユーザや企業のネットワークどうしの IP ルーティングまで引き受けるものがある。

IP ルーティングサービスを提供する IP-VPN サービスでは、ユーザや企業の利用するプライベート IP アドレスでのルーティングに加え、VPN どうしのプライベート IP アドレスの衝突や、他 VPN への誤送信などを防止する必要がある。このために、通信事業者は閉域 IP 網上で MPLS (Multi-Protocol Label Switching) を利用して、特定 VPN のパケットを識別することが一般的である。

IP-VPN サービスでは、ユーザや企業と通信事業者との間で通信遅延や帯域の保障に関する SLA (Service Level Agreement) 契約が結ばれることが多い。この場合通信事業者は、閉域 IP 網の機能を利用しそれらの保障を行う。

国際間の IP-VPN の場合、通信相手国においても、自国の通信キャリアが現地法人を設立し独自の POI (Point Of Interface) と閉域 IP 網までの回線を提供する場合と、相手国の通信キ

キャリアと連携して回線調達、閉域 IP 網の相互接続を行う場合とがある。いずれの場合も、BGP (Border Gateway Protocol) を利用した IP レベルでのルート分散化に加え、海外との伝送路の冗長化やレストレーションも考慮した信頼性確保が必要となる。特に相手国通信キャリアとの閉域 IP 網相互接続を伴う場合、複数の BGPAS (Autonomous System) をまたがる複雑なルーティング設定、運用、及び監視が課題となる。

### 3-5-3 国際イーサ VPN

通信事業者が独自に構築した閉域イーサネット網を介して構築された仮想私設通信網 (VPN) をイーサ VPN という。あるいは、イーサネット VPN や、L2 (レイヤ 2) VPN と呼ばれる場合もある。イーサ VPN では、ユーザや企業のイーサネットフレームを透過的に転送し、ユーザ内あるいは企業内の閉域ネットワークを構築することができる。

イーサ VPN には、IEEE802.1Q 準拠の VLAN タグを付加されたイーサネットフレームを転送可能なサービスと転送不可能なサービスがある。前者は更に、VLAN タグを識別してルーティングを行うサービスと、単に透過的転送を行うサービスとに分かれる。

イーサ VPN サービスを実現するためには、閉域イーサネット網上でユーザや企業の送信するイーサネットフレームをルーティングし、更に他 VPN への誤送信を防止する必要がある。このために、通信事業者は閉域イーサネット網上で EoE (Ethernet over Ethernet) や Mac in Mac と呼ばれるカプセルリング技術を利用して、特定 VPN のパケットを識別することが一般的である。

昨今、音声・映像伝送の需要に応え、対地が国際間の場合も、高信頼かつ広帯域なネットワークを IP-VPN に比して低コストで利用できるイーサ VPN が進展している。国際間の IP-VPN 同様、イーサ VPN も海外通信キャリアとの閉域イーサネット網相互接続を行う場合がある。この場合相互接続点のゲートウェイ装置において遅延が発生したり、国や地域におけるネットワーク機器やケーブルの管理体制の違いから障害検出・原因究明・復旧に手間取るといった、国際イーサ VPN 固有の問題が発生する。

### 3-5-4 国際データセンタ運用サービス

複数のサーバと、それらを接続するルータやスイッチなどのネットワーク機器を設置した場所。通常、耐震設備や耐火設備、無停電電源装置 (Uninterruptible Power Supply) による災害対策、及びセキュリティゲートや警備員の常時配置によるセキュリティ対策などを備えた建物内に設置される。

大災害や停電に備えた冗長化の一環として、国内や海外に分散した複数のセンタが構築される場合がある。一方、災害対策やセキュリティ対策には多額の費用が必要となるため、構築したデータセンタの一部を他事業者に貸し与える事業者も存在する。他事業者に自らのサーバを貸し出す形態をホスティングサービス (hosting service)、他事業者のサーバをデータセンタ内に設置する形態をハウジングサービス (housing service) またはコロケーションサービス (collocation service) と呼ぶ。

また、これらのサービスに加え、サーバの監視や故障対応などの運用サービスを併せて提供するものもある。関連する用語として iDC (Internet Data Center) があるが、これはインターネット接続など、各種通信網へのアクセスインフラを併せて提供するものをいう。

■5群 - 6編 - 3章

3-6 国際伝送方式

3-6-1 国際網間接続

(執筆: 伊藤啓司) [2011年3月受領]

① プレジオクロナス網間接続 (plesiochronous operation): 国際通信ネットワークでは、各国のデジタル伝送路網相互間の網同期は、クロックを相互に授受せず、それぞれ十分に高精度のクロック源に基づいて独立に運用している網を互いに接続する独立同期により確立されている。独立同期方式では、各国に設置されたマスタクロックの精度がスリップの発生頻度などに直接影響を与えることから、その周波数変動や位相安定度が ITU-T 勧告に規定されており、各国ではそれに準拠したクロック供給装置を用いている。

② デジタルハイアラーク (digital hierarchy): 1990年代から本格化した国際光海底ケーブルによるデジタル伝送においては、その当時広く用いられていた非同期デジタルハイアラーク (PDH: plesiochronous digital hierarchy) が採用されたが、PDHでは日本・北米・欧州で方式が異なっていたため、これらを接続するための統一したハイアラーク (インタワーキングハイアラーク) が ITU-T で勧告され用いられた (図 3・12)。

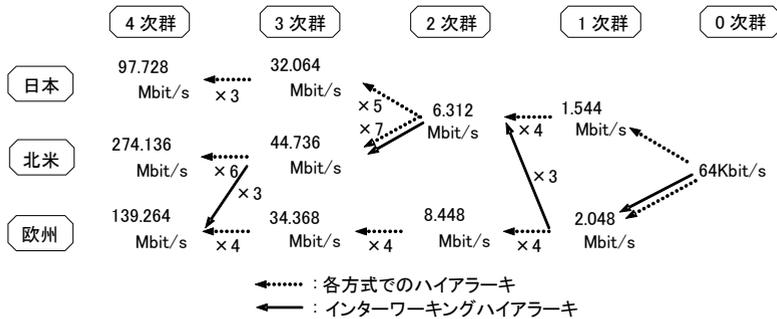


図 3・12 PDH で用いられるハイアラーク

一方、低速回線を効率的に多重化するとともに、大容量回線の収容と高速伝送網のシンプル化・運用保守の高度化に対応するための新たな伝送アーキテクチャ導入へのニーズから、世界的に統一された同期デジタルハイアラーク (SDH) の勧告化が 1988 年以降 ITU-T で始まり、SDH による国際間接続は 1990 年代後半からの国際光海底ケーブル大容量化に併せて本格的に導入されることとなった。SDH においては、異なる種類の収容信号 (Container, コンテナ) に運用保守管理用のオーバーヘッドを付与した VC (Virtual Container, バーチャルコンテナ)、更に位相調整処理を施した AU (Administrative Unit, 管理ユニット) を構成し、基本多重単位である STM (Synchronous Transport Module, 同期伝送モジュール) に対して多重化することで実現される。STM の各レベル (次群) の関係は整数倍になるよう定められ、相互接続に利用される。これを NNI (Network Node Interface) という。SDH の多重化規則は

図 3・13 のとおり ITU-T で既定されており，現在，STM-0 (51 840 kbit/s) から STM-256 (39 813 120 kbit/s) が定められている。

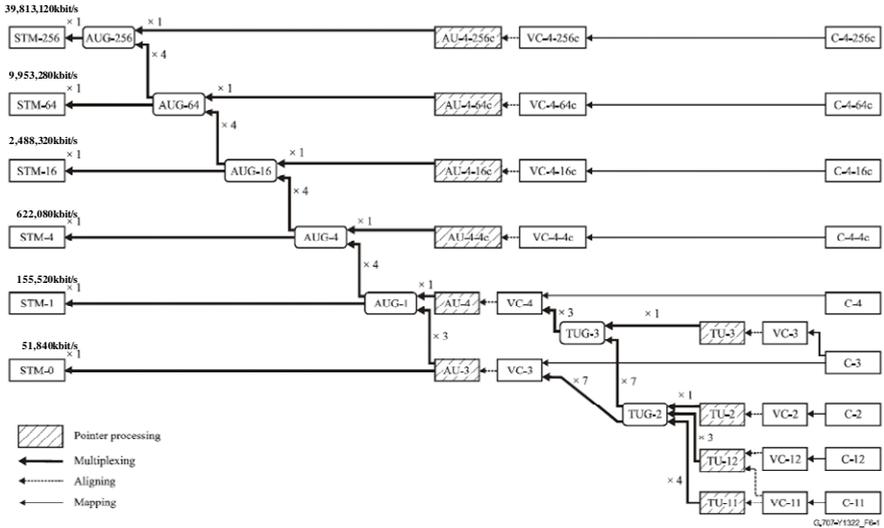


図 3・13 SDHの多重化規則

③ 次世代光伝送に向けた動き：高速・大容量信号を経済的に伝送する方式として **WDM** (Wavelength Division Multiplexing, 波長分割多重方式) が 1990 年代から本格的に導入され始め，国際光海底ケーブルでも **SDH** を効率よく収容し伝送する **WDM** システムが構築されてきた。現在のところ，**WDM** は対地～対地間で 1 ルートの大容量伝送路を構成し，回線の収容管理，障害時の迂回といった伝送網としての機能は **WDM** 配下の **SDH** により行われる方式が主流である。

しかしながら，ブロードバンドサービスの普及に伴う国際間インターネットバックボーンの飛躍的な容量増加や，企業経済活動のグローバル化に伴う企業内イントラネットの高速化・イーサネット化のニーズに伴い，これを伝送する光ネットワークに対してもますますの大容量化・高速化とともに，ルータやイーサネットスイッチからの高速信号を効率よく収容し伝送する技術が求められてきている。

これに対し，次世代の光コアネットワークのプラットフォームとして **OTN** (Optical Transport Network) が提唱され，ITU-T で 1999 年以降順次勧告化されてきている。OTN は，1 対 1 の伝送が主流であった **WDM** を網での利用に拡張する方式であり，光・電気変換を行わない「全光」ネットワークの実現も視野に入れたアーキテクチャである。なお，OTN は光コアネットワークの一つの技術として検討されているが，他方，伝送網の運用管理にも着目した網構築方法として，OTN のみならず，従来の **SDH** やこれに続くイーサネット，**MPLS** (Multi-Protocol Label Switching) ベースの伝送網技術も進化しており，これらが国際間伝送路にも適用されている。

### 3-6-2 国際光海底ケーブル

(執筆者: 後藤光司) [2011年3月 受領]

国際光海底ケーブルは、長距離大容量通信を実現する高信頼度システムである。例えば、1996年に商用を開始した TPC-5CN では、日米間 9 000 km をケーブル容量 10 Gbit/s で結び、システム寿命 25 年間にシブリーペア 3 回以下という設計である。

光海底ケーブルシステムの信頼性については、基本的には再生中継方式の海底ケーブルシステムで確立され、海底中継器・海底ケーブルの機構、材質は、光増幅方式の国際光海底ケーブルに引き継がれている。

一方、伝送容量は光増幅器の出現によって飛躍的に増大した。表 3・3 に太平洋を横断する国際光海底ケーブルの設計主要諸元を示す。1 ファイバペアあたりの設計伝送容量は、再生中継方式ケーブル (TPC-4) では 560 Mbit/s であったのが、第 1 世代の光増幅方式ケーブルにおいて 5 Gbit/s となった。

表 3・3 太平洋横断光海底ケーブル

	第 1 世代	第 2 世代	第 3 世代	第 4 世代
1 波当たりのビットレート	5Gbit/s	2.5Gbit/s	10Gbit/s	10Gbit/s
波長数	1	8	16	96
1 ケーブル当たりのファイバペア数	2	4	4	5
ケーブル容量	10 Gbit/s	80 Gbit/s	640 Gbit/s	4.8 Tbit/s
中継間隔	33 km	50 km	45 km	70 km
給電電流	0.92 A	0.92 A	0.525 A	0.97 A
最大システム長	9000 km	12000 km	9000 km	9000 km
最大水深	8000 m	8000 m	8000 m	8000 m
設計寿命	27 年	25 年	25 年	25 年
適用例	TPC-5	China-US	Japan-US	Unity

システム設計手法は第 1 世代で確立され、第 2 世代以降の波長多重システムに適用されている。第 2 世代以降は、1 波長当たりの高ビットレート化、1 ファイバ当たりの波長多重度の高密度化による容量増が図られている。また近年は、容量増だけでなく、低コスト化を実現するための技術開発が推進されている。以下に、主要装置の特徴を容量増の観点から述べる。

#### (1) 中継器

長距離大容量システムでは、低雑音、高出力、広帯域の光増幅器が必要である。図 3・14 に光出力、伝送帯域の推移を示す。第 4 世代中継器では、Er-doped 光増幅器の有する増幅可能帯域のほぼ全帯域を利用している。第 2 世代までは、1.48 $\mu$ m 励起ポンプ光源が用いられていたが、低雑音化のため、第 3 世代以降は 0.98 $\mu$ m 励起ポンプ光源が採用されている。光増幅器の広帯域化は、光増幅器利得の波長依存性と逆の特性を有する利得等化器 (光フィルタやファイバグレーティングで構成される) で実現され、高出力化は高出力ポンプ光源の採

用により実現されている。なお、高信頼性を実現するため、ポンプ光源は冗長構成となっている。

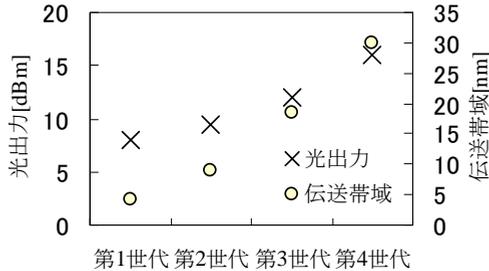


図 3・14 光増幅中継器の光出力と伝送帯域

## (2) ケーブル

伝送用ファイバの課題は、ファイバによる非線形効果、累積波長分散の低減である。特に、高ビットレートとなるほど、信号波形の劣化をもたらす。図 3・15 にスパン構成の一例を示す。第 3 世代、第 4 世代では、1 スパンを異なる二種類の異なるファイバで構成し、中継器光出力側に大口径ファイバ、中継器光入力側に累積波長分散を小さくするための低分散ファイバ（第 3 世代）または大口径ファイバと逆の分散を有するファイバ（第 4 世代）を配置している。

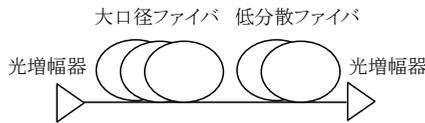


図 3・15(1) 第 3 世代のスパン構成

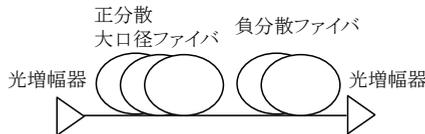


図 3・15(2) 第 4 世代のスパン構成

## (3) 伝送端局

高密度波長多重を実現するため、波長間隔の狭窄化が進められ、第 2 世代では、0.8 nm であったのが、第 4 世代では 0.3 nm 以下となっている。また、方式利得を向上するため、誤り訂正符号の利得を改善している。更に、第 4 世代では、従来のオン・オフ・キーイングに代わって、差動位相シフトキーイングを採用し、3 dB の方式利得を得ている。

近年、新ケーブルの建設だけでなく、アップグレードによる容量拡張が行われている。アップグレードは、海中機材を改修することなく、伝送端局の追加・改修などで行われるため、

低コスト、かつ、短期間で実現される。アップグレードには、設計容量範囲内で伝送波長数を増やす場合と設計容量を超える容量拡張を行う場合がある。前者は単純な増設であるが、後者は、設計当時以上の高利得誤り訂正符号や波長狭帯技術が必要となり、既存端局の置換などが必要になる場合がある。第1世代では、システムマージンを利用したアップグレードであったため、1波長の追加にとどまったが、第3世代では既存伝送端局を置換し、32波長以上へのアップグレードを可能にしている。また、第2世代では、波長当たりのビットレートを2.5 Gbit/sから10 Gbit/sとするようなアップグレードも可能である。

海底ケーブルでは、海中分岐装置の導入により、トランク-ブランチのネットワーク構成が可能となる。海中分岐装置にはファイバ分岐タイプとOADM (Optical Add/Drop Multiplexer) タイプがあり、ネットワークの要求に応じて使い分けられる。ファイバ分岐タイプでは、対象ファイバの全波長が分岐局にて終端され、OADMタイプでは対象ファイバの特定の波長のみが分岐局で終端される。

### 3-6-3 国際衛星

(執筆者: 河合宣行) [2011年3月 受領]

#### (1) 国際衛星回線

国際衛星回線は、衛星を介して複数の国の地球局を接続する回線をいい、音声、データ、映像などの伝送に用いられる。需要の多寡にかかわらず、内陸圏を含めて回線を容易に設定できる利点を有し、多対地伝送にも適している。ただし、伝送遅延の影響を避けるため、通常、2衛星を経由する2ホップ以上の使用は行わない。

伝送方式は、デジタル多重化ハイアラキーに従って時分割多重した複数チャネルを主に位相変調で伝送するデジタル伝送が主流である。回線の形態としては、従来の大型アンテナを有する関門地球局間の接続のほか、衛星回線の設定柔軟性を生かした、外国側に設置されたVSAT (Very Small Aperture Terminal: アンテナ口径2.4 m~7 m程度) との間の接続にも利用されている。

衛星中継器の多元接続技術には、周波数の異なる搬送波を配列する周波数分割多元接続 (FDMA: frequency division multiple access) と、同一の周波数を時分割で使用する時分割多元接続 (TDMA: time division multiple access) などがある。TDMA方式は、大きな衛星中継器容量が得られるメリットがあるが、反面大規模な地球局設備が必要となり、近年の国際衛星回線では、地球局設備が簡易となるFDMA方式が主流となっている。

変調方式としては、従来から広く国際衛星回線で用いられてきた4相PSK (Phase Shift Keying) に加え、近年、8相PSK (16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) などの多値変調や強力な誤り訂正符号を導入して、地球局の小型化や衛星中継器当たりの容量の増大を図っている。表3・4に代表的な衛星伝送方式を示す。

表 3・4 主要衛星伝送方式

	IDR 方式	IDR/TCM 方式	16QAM 方式
標準	IESS-308	IESS-310	IESS-316
伝送速度	64 kbps～44.736 Mbps	64 kbps～44.736 Mbps	1.5 Mbps～44.736 Mbps
変調方式	QPSK	8PSK	16QAM
誤り訂正	畳み込み符号, ビタビ復号	トレリス符号 (TCM)	畳み込み符号, ビタビ復号
符号化率	3/4	2/3	3/4, 7/8

## (2) 国際衛星システム

国際商業通信衛星システムは、1960年代から、インテルサット、インマルサットのような政府間組織の下で国際協力事業として建設、運用が行われてきた。1980年代に入り、米国民間企業から国際衛星通信システムの建設計画が発表され、米連邦通信委員会 (FCC) に事業化申請が提出された。米政府は、国際機構以外の衛星システム (別個衛星システム) に国際市場を開放して競争原理を導入することで、市場を活性化できるという自由競争促進の政策にそって、別個衛星システムの参入を認めた (1988年にベンチャー企業のパンナムサットが大西洋地域において事業を開始)。その後、多くの国際衛星システムが参入し、運用している。また、インテルサット、インマルサットは、各々2001年、1999年に民営化されている。表 3・5 に現在運用されている代表的な国際衛星通信システムを示す。

表 3・5 国際衛星通信システム (※)

衛星事業者	軌道上衛星数	備考
Intelsat (米)	51	2006年にパンナムサットを買収
SES (ルクセンブルグ)	36	2006年に New Skies Sat. を買収
Eutelsat (仏)	23	

※ Space News Business Report (June 25 2007) <http://www.space.com> から引用

## 3-6-4 国境局と関門局

(執筆: 八田じゅん) [2011年3月 受領]

### (1) 国境局

国境局は、海底ケーブル陸揚局 (cable landing station) と衛星通信用地球局 (international gateway earth station) が主なものである。

海底ケーブル陸揚局は、海から引き込まれた海底ケーブルを給電系及び伝送路系の設備に各々接続する。伝送路系としては、海底ケーブル伝送路を終端し、陸側伝送システムあるいはほかのケーブルなどと接続する機能を有する。また給電系としては、海底ケーブル伝播中に減衰する光信号を増幅する中継器へ電力を供給する給電装置に接続される。陸揚局の主な設備には、海底ケーブル用伝送端局、海底ケーブルシステムの監視・制御装置、給電装置、海底ケーブル相互間または陸上伝送系との接続用端局、陸側伝送端局などがある。陸揚げ局間にリング状に海底ケーブルを敷設し、海底ケーブル断時に反対側のルートに迂回するセルフヒーリング機能をもったリングケーブルの場合には、海底ケーブル用伝送端局として、回

線終端装置 (SLTE : Submarine Line Terminal Equipment) に加え、回線切替装置 (NPE : Network Protection Equipment) または回線多重化装置 (ADM : Add-Drop Multiplexer) を備える。

海底ケーブルの大容量化のため、波長多重装置 (WDM : Wavelength Division Multiplexing) を設置し、1 ファイバに数十波を超える波数を収容する波長多重技術の利用が進んでいる。波長多重技術は、新規ケーブルで採用されるのみならず、既存の海底ケーブルに後から適用する場合もある。

陸上伝送系への接続は、陸揚げ局内のコロケーションスペースと呼ばれる設備設置場所へ、伝送路提供事業者などが陸上伝送設備を設置し、これらと海底ケーブル伝送端局をつなぐことで行われる。

また海底ケーブル陸揚局には給電装置のみを置き、コロケーション及びデータセンタ機能を有する都市に設けた POP (Point-of-presence) にケーブル終端装置及び端局装置を設置し、ここで陸上への伝送路の接続を行う海底ケーブルもある。

衛星通信用地球局は、地球局と衛星間の衛星伝送路を終端し、陸側伝送システムあるいはほかの衛星伝送路などと接続する機能を有する。衛星通信用地球局の主な設備には、アンテナ、送受信増幅器、周波数変換装置、変復調装置、衛星システム相互間または陸上伝送系との接続用端局、陸側伝送端局などがある。

大容量の Point to Point の伝送路は現在ほぼ光ケーブルを利用して行われている。しかしながら、2006年に発生し東アジアと東南アジアの通信に壊滅的打撃を与えた台湾沖地震による複数ケーブル障害においては、衛星経由での臨時回線の設定による通信の復旧に頼ることとなり、衛星通信の重要性を再認識することとなった。

ケーブルの敷設や陸揚げの困難な内陸国や島嶼に対しては衛星通信が有効な手段であり、国際通信においてケーブル経由との相互補充の関係は今後も継続すると考えられる。

## (2) 国際通信用ハブ

国際伝送路が集中し、多くの国際通信トラフィックがそこを経由するような国、地域、事業者を国際通信のハブと呼ぶ。ハブの主なメリットは、多くの対地と経済的な直通伝送路が設定可能なこと、ハブを経由するトラフィックから中継料などの収入が見込めることなどである。ハブとなるための主な条件としては、発着トラフィックが多いこと (トラフィックの多い区間に大東伝送路が設定され自然にハブ化する)、ハブ経由の伝送路やトラフィックに関して信頼性の高い運用が行われるとともに、経由に伴うコストが低いこと、地理的な条件 (例えば、日本は北米からアジアへの最短ルート上にある) などがある。なお、技術革新により、中国や香港と米国を直接結ぶケーブルの建設が可能となり、国際通信用ハブの獲得競争がますます激化している。

## (3) 国際関門局

国際関門局は通常国際伝送路の終端装置とそれに接続される国際中継交換機を備え、国際回線と国内回線あるいは国際回線間の接続ノードとしての交換機能をもつ。国際中継交換機の機能には、大きく分けて、国内各地からの発信呼を相手先番号に基づき、対地ごとに集約し国際回線に乗せること (受信呼についても同様) で回線使用効率を高める機能、エコーキャンセラなど通話品質を維持するための機能、回線や呼を監視し異常が発生した場合に適切

な網制御や呼制御を行い、疎通を確保するとともに、異常の拡大を防止するなど網異常に対する措置機能がある。災害時における疎通確保のため、地理的に離れた複数箇所に設置するのが一般的である。

数年前から国際通信における需要はスマートフォンや動画の普及によりインターネットトラフィックが爆発的に増えており、国際通信における需要のほとんどを日本及びアジアと米国のインターネットサービスが占めている。

なお、現在では、国際関門局は、国内も対象としたネットワーク設備設置局／データセンタの一部をなしていることが多い。