2024/2/28 ICT ー ISAC 若手活躍 SIG

配布資料 その２

電話局・フレッツ光・インターネット思想との接触と技術革新

登 大遊

目的

この資料は、現代デジタル社会を支える通信インフラストラクチャである、NTT電話局、フレッツ光およびインターネットについて解説をすることにより、その面白さを理解していただき、通信分野に興味を持っていただける方が増えることを目指して作成したものである。

フレッツ光は 20 年以上前に日本で、その先に連なっているインターネットは50 年以上前に米国で基本設計がなされ、今まで途切れずに長年安定動作している、壮大なネットワークシステムである。これらは、先人たちのハードウェア、ソフトウェア、オペレーションの複雑・高度な結合によって、奇跡的に成り立っている、人類の限界への挑戦ともいうべき、希有で価値の高い発明品である。

われら情報科学の研究者は、これらの通信システムの内部を深く理解して初めて、これまでにない新しい通信技術やシステムを生み出すことができるのである。ところが、Web サービスやアプリの内部の仕組みや作り方は広く公開されている一方で、実際のインターネット回線を支える電話会社やプロバイダ等の内部や組織間の実際の高度で複雑な通信の仕組みや実装は、ほとんど知らされてこなかった。

そこで、なかなか見られない NTT 東日本の電話局や「フレッツ光」システムの内部の仕組み、その先のインターネット、これらを支える光ファイバネットワークの動作原理について解説をし、光ファイバやインターネット等の通信アーキテクチャについて、奥深い関心を想起する。

本資料は、独立した一研究者として自己の責任で ICT 技術開発手法の考えを述べるものであり、所属している各組織を代表するものでも、これらの各組織において見解が統一されていることを示すものではない。

目次

目的　2

第 1 章　はじめに 6

第 1 節　システム領域 (コンピュータシステム、インターネットシステム、通信システム) を深く理解することの重要性 6
1　今や、システム技術が分かる人材は希少になってしまった 6
2　アプリケーション領域は客室に相当し、システム領域は船体に相当する 6
3　システム領域 (= 船体、造船) 能力の獲得は、問題解決・競争力維持・技術革新に必須である 7
4　システム領域の理解を深めることは、アプリケーション開発でも有益である 9
5　米国 IT 企業に代表される技術開発者と経営者達は、システム技術を深く理解している 11
6　人材希少性により、システム技術の勉強は、その勉強コストを上回る利益を生み出す 15
7　システム領域に関する勉強・探索は、どのような領域を対象として、どれくらい深く行なえばよいか 16
8　どのようにすれば、複雑高度なシステム領域を楽しく自然に探索する意欲が生じるか 19
9　コンピュータシステムとネットワークシステムは併せて習得する必要がある 22
10　ネットワークシステムは、インターネット領域と、通信インフラ領域から成る 25

第 2 節　電話局とインターネット入門 27
1　電話会社の「フレッツ光」とインターネット 27
2　インターネットの特徴 30
3　電話会社とインターネットは根本的に対立している 39
4　電話会社は、自らの短絡的収益減少を犠牲にしてでも、長期的な社会利益実現のため、インターネットの技術革新を常に牽引してきた 41

第 2 章　通信インフラ界 ― 強権的・閉鎖的な電話会社システムと自由な開放点 (POI) 43

第 1 節　NTT 東日本のフレッツ光の全貌 43
1　フレッツ光の内部構成図 44
2　フレッツ光網の重要な構成要素、役割、相互関係 48

第 2 節　NTT 東日本と他社との相互接続点 (POI) と電話局利用権 ― われわれの先人たちが確立した権利 73
1　第一種指定電気通信設備 ― 血の滲む努力により確立された概念 73
2　相互接続点 (POI) 入門 78

第 3 節　根本的疑問 ― 電話会社と ISP (プロバイダ) は一緒で良いのではないか 91
2　物理的要因 ― 光ファイバを引くのは、極めて大変である 92
3　制度的要因 ― 強大な電話会社の権力の発生・集中の予防という人民からの要請

.....121

第 3 章　インターネット界 ― 開放的・自由民主主義的な試行錯誤に基づく分散ネットワーク..... 129

第 1 節　インターネットの本質 ― 自律連合による強大な権力の発生・集中の防止..... 129

第 2 節　インターネット構造 ― 電話会社との本質的違い..... 136

1　インターネットは、複数のネットワーク運営主体 (AS) を BGP で数珠つなぎにうまく接続した、性善説に基づく、本質的に不安定なネットワークの上で、かろうじて確立される無償・無保証ネットワーク.....136

2　インターネットの動作原理の簡単な解説.....136

3　インターネットは、互いに独立関係にある領主が連合を組み、人民が互いの領土を "勝手に" 通ることを相互承認したネットワークである.....141

第 4 章　電話会社とインターネット思想の融合 ― NTT 東日本の「フレッツ」「NGN」の成立過程における技術革新 148

第 1 節　これまでのまとめ..... 148

第 2 節　電話会社 (NTT 東日本) のフレッツ網成立期において内部的に生まれた世界最先端の素晴らしい試行錯誤と通信技術の数々 149

第 5 章　まとめ ― 新たなる希望..... 221

1　西暦 1990 年代末 ～ 西暦 2010 年頃までの NTT を中心とした IT 業界の活気に満ちた雰囲気.....221

2　企業冬眠説 ― NTT 東日本は、衰退したのではなく、単に眠っているだけである.....226

NTT の略称

「NTT」: 日本電信電話株式会社 (文脈によっては、グループ会社の総体)

「NTT 東日本」: 東日本電信電話株式会社

「NTT 西日本」: 西日本電信電話株式会社

「電電公社」: 日本電信電話公社

読者へのお願い

本文書は、NTT 東日本のフレッツ等の内部構造を説明するものである。今後の技術革新を引き起こす学生の方々に、現代における通信技術の動作原理、歴史、面白さを理解していただくために、詳しく述べるものである。一顧客として NTT 東日本に一般窓口で接するときは (フレッツ・サービスの申込みや故障修理依頼等)、本文書の内容を持ち出すことは、避けていただきたい。なぜならば、顧客に対する対応フローは、現実的コストの範囲内で円滑化・効率化・大規模に行なわれる必要があるので、定型的な仕組みで処理されており、本文書の知識に基づく内部構造に関する対応は、一般窓口では、対応不可能であるためである。

どうしても興味があり、何らかの特殊的な問い合わせをされたい場合は、以下の NTT 東日本特殊局のメールアドレスにメールを送付するとよい。(対応の有無、応答時間は、保証されていない。)

👉 `sp.tok1 @ mail1.sp.ntt-east.co.jp`

第１章　はじめに

第１節　システム領域（コンピュータシステム、インターネットシステム、通信システム）を深く理解することの重要性

本文書でこれからみていくインターネットや電話会社の光ファイバシステムといった事柄の領域を、「システム領域」という。

まず、なぜシステム領域を深く理解して楽しむことが重要であるのか、それによってどのような良いことがあるか、実際に勉強する際に楽で長続きする方法は何かといった手がかりを述べる。

1　今や、システム技術が分かる人材は希少になってしまった

今や、インターネットや OS 上では各種のソフトウェアやサービスやビッグデータ処理や AI 技術といったものが豊富に咲き乱れ、われわれはそういったサービスやアプリを使うだけでなく、自ら開発して普及させることもできる。このようなアプリケーションは、すべて OS や通信システムやインターネットといった、基礎的インフラストラクチャ（「システム領域」）の上で動作している。

ところが、これらの肝心のシステム領域について深く理解する人材は、大変少なくなってしまった。アプリケーション領域というものは、システムをユーザーとして使いこなす領域である。この上位レイヤは、勉強することが容易であるし、書籍やインターネット上の情報等の教材も数多く存在するので、日本でも世界でも、無数のデジタル人材が育成された。競争が激しいので、ある程度良いものを作って普及しても、すぐに競争が現われる。苦労する割に長続きしない。

2　アプリケーション領域は客室に相当し、システム領域は船体に相当する

アプリケーション領域は、船の上における客室部分である。

船の客室をあれこれと苦心して改造し、来客が見込めるレストランを経営してみ

ても、やがて、同じ船の中に誕生する他のレストランに真似をされ、さらにより良いものを作られて、競争に負ける。

この比喩において、通信システムやコンピュータシステムの領域は、船の客室を運ぶ船体部分に相当する。

船体は、構造躯体、エンジン、操舵系、燃料系、浸水対策の隔壁などさまざまなメカニズムで構成されている。船の上は単純で使いやすいが、船の船体部分は、高度・複雑である。これらを理解し、制御することも大変で、さらに設計することは、もっと大変である。

3　システム領域（= 船体、造船）能力の獲得は、問題解決・競争力維持・技術革新に必須である

システム領域を作ることは、船体部分の設計と構築に似ている。アプリケーション領域を作ることは、客室部分の運営整備や、海路の運航といった、船会社の経営に似ている。

もう少しこの比喩を用いて、船会社の視点から、システム領域の重要性を考えてみよう。船の上でレストラン経営や旅客や荷主対応を行なう企画部門の社員やサービススタッフなどは、船体について、熟知している必要はない。しかし、船を操縦する航海士や船長や、これらの者を擁する船会社の経営者においては、船体部分を含めた全体のアーキテクチャを深く理解している必要がある。

その理由は、3 つある。

(1)　危機管理と問題解決のため

第一の理由は、危機管理と問題解決のためである。船で不具合が発生したときには、その原因をいちはやく究明し、正常な状態に回復する必要があるが、そのためには船体内部の仕組みを全体的に理解している必要がある。

そうしなければ、復旧までの時間が長引いてしまい、最悪沈没するか、少なくとも評判が悪化し、競争に敗れるためである。

コンピュータ業界において、これは、日本の数多くのシステムに生じる病理的な不具合と、修理に膨大なコストがかかる理由は、業界のプロの技術者や経営者であっても、システム領域の全体を理解している人が希少でほとんどおらず、個別的に物事に対処しようとして、いつまでも根本原因が分からないという現象が広範囲で見られる。基礎的知識は、いざ問題が発生したときに勉強しようとしても手遅れであり、あらかじめ長年をかけて習得しなければならない。

(2) 現在の技術水準のもとで実現可能性のある最大限のパフォーマンスと品質とを実現するため

第二の理由は、競争に勝つため、現在の技術水準のもとで実現可能性のある最大限のパフォーマンスと品質とを実現するためである。

他の競争船会社の運行する船便よりも、高速で快適なサービスを設計するためには、単なる精神的気合いだけでは実現不可能であり、船の航行やそれに付随する各種の調整といった、現実の物理法則とよく適合した船の運航方法を発案しなければならない。

また、それに応じて適切な船体を選定して船会社に船体を発注し、船体の納入を受けて自ら構築する必要がある。

その際には、競争力のための重要な要素である客室でのサービスを最良のものとするために、様々な内部装置や制御系にまつわる船体部分の特性と合わせて、船全体を設計する必要がある。

これらの結果の善し悪しは、経営に直結する。したがって、船会社自らは、発注先の造船会社よりも詳しく船の細部を理解した上で、あれこれと造船会社に要望・指導して、場合によっては一体となって、最良の船体を構築する必要がある。これにより、最も高速で快適な航行サービスを実現でき、競争に勝つことができる。

(3) 現在の技術水準の限界を超える、新たな技術を発明するため

第三の理由は、現在の技術水準の限界を超えるために、多様性を有する新たな技術を発明するためである。

造船会社に船の製造を完全に依存すると、現在の技術水準に応じた船体しか製造してもらえない。すると、すべての船会社は互いに類似した水準の船を運航する結果となる。これでは、わずかな差異しか発生しない。複数の船会社は無数にあるので、過度な値下げ競争が生じて、利益はほとんどなくなってしまう。

この中で、現存技術水準を超える新しい技術的工夫を思い付けば、旅客や荷主が驚くようなより良いサービス (たとえば、従来の船が詰めなかった荷物を詰めるとか、騒音振動が極めて静かである等) を開発でき、旅客や荷主たちに喜んで追加料金を払ってもらえる。

これを多様な方向で各船会社が行なえば、いずれの船会社も得をする。そうでなくても、単純に、従来と同じサービスでも、運行コストを下げる船体技術的工夫を発明すれば、他の船会社がそれを真似して再び競争になるまでの間は、利益が大幅に増えることになる。

したがって、新たな船体技術は次々に発明される必要がある。そして、船の実際の運航と密接に関連した領域で生じる技術的革新は、船会社でのみ発生し得る。造船所では思い付くことは不可能である。

そのためには、船会社は、新たな技術を発明するために、現在の船体部分の技術について、造船所よりも詳しい程度に熟知していなければならない。

4　システム領域の理解を深めることは、アプリケーション開発でも有益である

上記の船会社の比喩と同様に、コンピュータの世界でも、より良いアプリケーションを作るためには、より下位の部分、すなわち、システム領域の内側に入り込んで、その動作原理について本質的理解をする必要がある。アプリケーションの部分、すなわちシステム領域よりも上の部分だけを見ていても不十分であり、競争に負けるのである。

システム領域の本質的理解を深めて、初めて、性能と品質が高いアプリケーションを作ることができて、競争力が生まれる。

システム領域を理解していれば、自らのアプリケーションにおいて、何か問題が

発生したときも、原因が直ちにわかり、解決ができる。

アプリケーションを動作させるための OS や Web サーバーやコンピュータやクラウドシステムやネットワークを、最適に選定でき、高速なシステムを、とても安価に実現できるようになる。

そして、ついには与えられた既存の OS、サーバーシステム、コンピュータ、クラウド、ネットワークの制約上では、満足できなくなる。何らかの技術革新を、これらのシステム領域において施したいという意欲が生じる。

すでにシステム領域について広範囲な理解を有している状態になっているので、あとは、少ない量の勉強だけで、新しい OS、新しい Web サーバー、新しいコンピュータ回路、新しいクラウドシステム、新しいネットワークというものを、自ら生み出すことができる状態になっている。

そこで、最初は既存のものに手を加えて改良し、小規模な技術革新を生み出す。そのうち、既存のものを改造するよりも自ら一から開発したほうがより良いものができると気付き、一から書き直すのである。

ところで、日本からもシステム技術領域に取り組む人材の数が増えて、システム技術領域の技術革新がなされることは、われわれの日本における最高の目標であり、これから 10 ～ 20 年以上かけて実現していくべきことである。

しかし、そのような最終的な輝かしい国家的目標の実現に至るはるか以前の前段階において、世の中にありふれている無数のアプリケーション技術者のうち一部でもよいので、システム領域に関する積極的進入が少しでも生じたならば、十分な利益が、そのアプリケーション技術者の仕事領域において得られるのである。

すなわち、アプリケーションから普段見えない領域であるシステム領域に関する内部的挙動や、その基礎となっているシステム設計者たちの思想を少しでも知っていれば、アプリケーションのプログラム・コードを実装したり、各種のサーバープログラムを配置したりする際に、それを直ちに用いることができるのである。そのようなわずかな違いだけで、何百倍も実行速度が高速化するとか、通信速度や画面表示速度が改良されるとか、使用ネットワーク量や消費メモリや CPU 時間が削減されてクラウド・サービスにおける課金が安価になるとか、不要な通信サービス

やハードウェアを削減してコストや故障率が大幅に軽減されるといったようないった、魔法のような現象が、容易く生じ得る。

わずかに、システム領域における内部的事柄を知っているか、知らないかという、知識の有無、センスの有無だけで、大いなる品質・速度向上、コスト削減、保守性の向上、柔軟性の強化等が実現できるのである。

そして、ほとんどの競合相手は目先のアプリケーションをとにかく仕様書通りに動作させるように表面的に取り繕うことに多量の時間を費やしているので、これに気付く人は極めて少ない。

そのようなアプリケーション本位の、もともと長期的に崩壊することが分かっているようなシステムの表面的な部分を取り繕うために時間の全部を使うのではなく、その部分は 10% くらい手抜きをしてよいので、10% の空いた時間でシステム領域の探求に取り組めば、やがて、一つ奥深い部分において経営者もユーザーも喜ぶような既存アプリケーションの抜本的改良の方法を思い付くことができる。

そのような価値の実現のためには、わずかな分量でよいので、日々、システム領域の探求を開始することが有利である。

5　米国 IT 企業に代表される技術開発者と経営者達は、システム技術を深く理解している

現在のデジタル世界を支えている IT 企業または各種技術である、UNIX (Linux 等の元になっている) も、Sun Microsystems 社の Java も、Microsoft 社の OS も、Google や Amazon のクラウド技術も、このような考え方により、創業または創作され、発展し、現在まで数十年間を経て成長して、高い価値を有するようになったのである。

こういったものを作り始めた技術者たちは、まずアプリケーション領域から入り、自らのアプリケーションを他人が作ったシステム領域を基礎として動作させ、それでは満足に思わなかったので、他人の作ったシステム領域をより深く探求し、不満足な部分を見つけ、そこに技術革新を施して、システムを作り替えてしまったのである。

その例を、いくつか見てみよう。

(1) 「インターネットの発生」（米国国防総省の社内問題解決）①

西暦 1966 年、米国国防総省の一室には、MIT、カリフォルニア大学バークレイ校、空軍司令部の 3 箇所の異なるメインフレームに向けて 3 本の専用線でつながる 3 台の端末が置かれていた。

これら 3 つのシステムの情報を統合利用することは困難で、3 台の端末を苦労して操作していたロバート・テイラーさん達は、ついに我慢できなくなり、「ARPANET」(現在の「インターネット」) を思い付き、構築をし始めた。

なお、核戦争に耐えることができる通信インフラを国防総省の主導で作ったという説があるが、これは、後に付け加わった理由である。ちょうど並行して、米軍において、ソ連からのミサイルをいちはやく検知して迎撃するシステムを作るプロジェクトがあり、レーダーの基地と、迎撃のための基地が離れているので、その間を接続する通信システムが必要とされていた。参考書籍によると、その話は後からきた話である。ARPANET の構築の契機は、上記の 3 台の社内コンピュータ専用線の接続である。

(2) 「UNIX オペレーティングシステムと C 言語の発生」（AT&T の社内問題解決)②③④⑤

西暦 1969 年、米国 AT&T は、コンピュータで文書を書いていたところ、社内に大量のドキュメントが生じて、これらの検索ができず、人海戦術を余儀なくされていた。

---

① 「The Origins of the Internet」 Katie Hafner
② 「The Evolution of the Unix Time-sharing System」http://www.bell-labs.com/usr/dmr/www/hist.pdf
③ 「On the Early History and Impact of Unix」http://www.columbia.edu/~hauben/book-pdf/CHAPTER%209.pdf
④ 「grep - History」https://en.wikipedia.org/wiki/Grep
⑤ 「Where GREP Came From - Computerphile」https://www.youtube.com/watch?v=NTfOnGZUZDk

そこで、ケン・トンプソンさんたち数名の社員は、大量の社内ドキュメントを高速に検索できるようにするため、自作 OS「UNIX」を開発した。さらに、この過程で「カーネル」、「ファイルシステム」、「シェル」、「grep コマンド」等を実装する必要が生じ、新しいコンパイラ言語「C 言語」も同時に開発してしまった。

(3) 「ルータの発生」（スタンフォード大学の社内問題解決）

西暦 1982 年、スタンフォード大学には数千台の異なるプロトコルのコンピュータがあった。これらを相互に接続したネットワークを作り、インターネット (ARPANET) に接続する必要が生じた。

当時、「ルータ」という製品は存在しなかった。同大学のレン・ボサックさん、サンディ・ラーナーさん達は、大学内で多数のコンピュータ間を同軸ケーブルで配線し、相互通信できる仕組みを自分たちで考えていった。最終的に、これらを相互通信できる試作ソフトウェアと箱を自作できるようになった。これが、今の「Cisco IOS」である。これは他の大学や研究所も欲しがったので、自室でルータを多数組み立てて販売し初め、注文が殺到したが、大学では公式に商売ができなかったので、西暦 1984 年に Cisco 社を起業した。

(4) 「HTTP、Web の発生」（CERN の社内問題解決）①②

西暦 1990 年、CERN (欧州原子核研究機構) では、多数の研究者が持ち込む異なる種類のコンピュータが乱立していた。研究者の入れ替わりが激しく、大量のドキュメントを確実に記録し整理しておく方法が存在せず、情報は日々失われていた。

この内部問題を解決するため、ティム・バーナーズ・リーさんにより、「HTML」、「HTTP」、「URL」という規格と、実際に動作する Web ブラウザ「WorldWideWeb」

---

① 「Answers for Young People」https://www.w3.org/People/Berners-Lee/Kids.html
② 「CERN: Information Management: A Proposal」
https://www.w3.org/History/1989/proposal.html

および Web サーバー「CERN httpd」が試作された。

(5) 「Java の発生」 (Sun Microsystems の社内問題解決)①②③

西暦 1992 年、Sun Microsystems 社の数名のチームは、「インターネット対応スマート家電」を作ろうとした。

しかし、既存の「C++言語」は複雑で大量のメモリを消費し、多種の不具合が発生する等して、開発コストがかさんだ。この社内問題を解決するために、新しいプログラミングのシステムを思い付き、西暦 1995 年までに、より軽量で開発し易い「Java 言語」を開発してしまった。

なお、伝説的企業 Sun Microsystems 社の「Sun」とは、太陽という意味ではなく、実は、「Stanford University Network」の略である。スタンフォード大学の LAN 管理をしていた人たちが、それで培ったコンピュータ技術を製品化するために、立ち上げた会社である。

(6) 「クラウド・サービスの発生」 (Amazon の社内問題解決)④⑤

西暦 2000 年、Amazon 社内は大量の Sun サーバーと Cisco ルータで動いており、年間 10 億ドルのコストが発生していた。これが原因で大赤字であり、ドットコムバブル崩壊もあり、資金調達困難で会社が倒産しそうになった。この社内問題を解決するために、急遽、コストがかかる Sun のサーバーを捨て、全部 Linux の自作サーバー群に置き換えて 80%のコストを削減する必要が生じた。

しかし、大量の Linux 自作サーバー群をどのように管理するかという難題が生

---

① 「High noon : the inside story of Scott McNealy and the rise of Sun Microsystems」 https://archive.org/details/highnoon00kare/page/120/mode/2up

② 「The 'Green team' and the secret development of Java」 https://cybernews.com/editorial/the-green-team-and-the-secret-development-of-java/

③ 「The History and Future of Java Programming Language」 https://www.appdynamics.com/blog/engineering/the-history-and-future-of-java-programming-language/

④ 「EC2 Origins」 http://blog.b3k.us/2009/01/25/ec2-origins.html

⑤ 「How Amazon exposed its guts: The History of AWS's EC2」 https://www.zdnet.com/article/how-amazon-exposed-its-guts-the-history-of-awss-ec2/

じた。また、当時多数のプログラマが、プロジェクトごとにそれぞれ独自に社内にサーバーやストレージを立ち上げており、各自の構築の手間も大変であった。

そこで、社員が、同時に、VM、ストレージ、ファイアウォールの構築管理を自動化するための社内ソフトウェアを試作した。これがかなりうまくいき、社外にも同様の需要であることが分かったので、「Amazon Web Services (AWS。当時はEC2)」という名前を付けて、西暦 2006 年から、社外にも販売し始めた。これが、現代の「クラウド・サービス」の起源である。

6　人材希少性により、システム技術の勉強は、その勉強コストを上回る利益を生み出す

先に述べた、20 年前に回路設計技術を理解する人に希少性が生じた (今は、さらなる高い希少性が生じている) ことと全く同様に、アプリケーション領域にとどまらずシステム領域まで本質的理解を深める人材は、現在、極めて高い希少性価値が生じている。そのような人材を必要なだけ確保しておくことは、コンピュータに次第に依存してしまった各企業の、経営上の重要な課題となりつつある。

アプリケーション技術と、システム技術と、可能であれば 20 年前にすでに希少であった回路設計技術の 3 つとも揃った企業は、最強の力を発揮することになる。現代の外資系 IT 企業の強さは、単一の企業でこれらの 3 つの分野を深く理解した技術者を真っ先に確保して手放さないことにある。外資系 IT 企業は、アプリケーション層の表面的技術者や、顧客との間の営業スタッフも雇用するが、これらは大量に市場に存在することから、代替可能な人材であるので、人材整理が必要になったらすぐに解雇し、また必要になったら雇用すれば良いということになっている。

ところが、システム技術まで分かる人材は希少で、ほとんど代替不可能である。回路設計技術となると、さらに希少で、決して代替不可能な人材であるといえる。

Apple は、独自の OS と共に、その OS を少ない消費電力で動作させる低コストな CPU の回路ごと開発している。Cisco や Juniper は、独自のルーティングソフトウェアと共に、そのソフトウェアの処理が足らない通信処理を高速で処理す

るチップを開発している。Google は、AI 処理を高速に実現できる独自のチップを開発している。

Java や商用 UNIX を発明してコンピュータの歴史を作り続けていた Sun Microsystems 社も、SPARC という独自の CPU を開発して優位性を築いてきた。このように、世界に冠たる IT 技術集団の企業は、アプリケーション技術者、システムソフトウェア技術者、回路設計技術者の 3 層をすべて擁しているのである。この並びでは、後者に行くほど希少性が高い。

これらの人材を必要なだけ確保し続けることが、IT 企業の存続条件であるから、厳しいリストラを必要とする場合も、これらの人材は、最後まで、手放すことがない。

よって、単に各個人の利益 (社会における技術者としての価値) のことだけを考えても、システム技術領域 (できれば、回路設計領域も含めて) に関する本質的理解を深めることは、そのための勉学のためのコストを大きく上回るだけの利益につながる。

7　システム領域に関する勉強・探索は、どのような領域を対象として、どれくらい深く行なえばよいか

コンピュータにおけるシステム技術領域に関する本質的理解を深めることは、希少な人材となるために重要であるとすれば、次に、市場価値があるとみなされる程度の希少性を得るために、具体的な 3 つの疑問が生じる。

第一に、地点と広さの問題がある。その対象領域をどのように選択するか、どのような範囲を選択するかである。

第二に、深さの問題がある。理解の程度は、最低限どの程度必要であるかというものである。

第三に、そのような勉強を新たに行なうことは、比較的辛いものであり長続きしないと思われるところ、どのようにしてこれを楽しく継続的に進めればよいかという問題がある。

システム技術領域に注目して取り組みをしようとするとき、発生しがちな誤りは、少数の領域だけに狙いを定めて、その部分について理解を深め、技術力を高めるという手法である。この方法は、システム領域がきれいに木構造になっていれば良いが、システム技術領域は計画主義的に構築されたものではないので、人間が生み出した構造物の中でも特に複雑・高度になっており、物理社会の複雑さとよく似ていて、きれいな木構造にはなっていない。ある一つの部分を理解するためには、芋づる式にかなりの部分を理解しなければならない。このシステム領域という複雑な密林を辿っていくとき、「これより先は自分の興味とは無関心である」というように思って、壁を作ってしまうと、深い理解を得ることはできない。

システム技術領域を拡大していくと、細分化されたさまざまな領域に分かれる。システム技術領域のうち、特にソフトウェア的な部分またはそれに近い部分 (すなわち、純粋なハードウェア領域よりも上位レイヤの部分) のみを領域をみていくと、大雑把にみると、(1) コンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域に分類できる。

(1) を拡大すると、OS 技術、プログラミング言語技術、仮想マシン (VM) 技術、コンテナ技術、クラウド技術、ストレージ技術、セキュリティ技術、負荷分散技術等、色々なものが見えてくる。これらの大項目の中をみると、例えば OS の中はさらに細分化され、例えばメモリ管理、タスク管理、入出力、通信スタック、ファイルシステム、デバイスドライバ、等と無数に枝分かれしていく。これらの枝分かれした先に、さらに枝分かれが何層にも積み重なり、全体としてみると、OS の中だけでも、到底 1 人の人間がすべて理解できない程度の規模になっている。

(2) を拡大すると、データリンク技術、ルーティング技術、プロトコルスタック、インターネットサーバー技術、認証技術、制御通信技術、暗号通信技術、等とやはり無数に枝分かれしていく。

(3) を拡大すると、伝送技術、収容技術、収容装置制御技術、設備およびノードの管理技術、加入者認証技術、等とやはり無数に枝分かれしていく。

そして、(1), (2), (3) は密接に関連しており、境界線は明確に可分ではない。ある領域の内容が、他の領域にも自然に顔を出すのである。いずれかの領域が、いず

れかの領域の上位または下位に存在するということはなく、それらの部分部分が、互いに複雑に交じりあって存在している。

よって、要領よく最小の手数で理解しようとしても、中途半端な理解に終わるのみであり、その状態は、むしろ危険な可能性すらある。全体を理解してはじめて適切な判断を行なうことができる。

そういっても、システム領域全体は、現代の物理社会の複雑さに匹敵するか、それ以上の複雑性を有している。また、現代の人体の仕組みの複雑さに匹敵するか、それ以上の複雑性を有している可能性すらある。

システム領域の動作原理を、全部深く理解することは、誰にも不可能である。よって、ひとまずは自らの興味がある点や解決したい問題がある点を、重点的に掘り下げていって、その点を中心として、周囲を芋づる式に色々と見て回るという手法が良い。

これにより、各個人の個性が発揮された勉強方法が可能になるし、有利でもある。広く深いシステム領域は、そのどこの分野の事柄についてもそれを理解する人材はかなり希少なので、自らの興味に基づいて色々と勉強していったほうが、流行りの技術部分に集中するよりも、結果として、社会に求められる希少性が自然に得られるためである。

システム領域に関する本質的理解の程度の深さは再現なく深まる。深さを求め始めると、切りが無くなるので、少なくともこの程度の深さまで得られればひとまず満足であるという水準を、各個人が定めておく必要がある。その水準は個人によって異なるが、おおむね、自らが特に選択した対象領域に近い部分については、自ら、既存のシステム技術に関して不満足な部分を手を動かして大幅に改良したり、または根本的に一から作り直してしまう程度のシステム設計能力及びプログラミング実装力が自然に芽生える程度の深さを目指すべきである。

これは一見高いハードルに見えるが、後述するような楽しみを採り入れた探求方法を用いて、システム領域を探索すると、比較的短時間でそのレベルに到達すると思われる。高校生、大学生で重要なプログラムを実装して世界中に公開している人は豊富に存在するが、彼らは皆、既存のシステムを見て、不満を感じ、新しいシス

テムを実装してしまった人材である。内容・分野にもよるが、ここで述べた程度の能力を得るために必要な日数としては、数年間もかからないのではないかと思われる。

次に、自らが技術革新を起こそうと思っている領域では無いけれども、技術革新を起こそうと考えている領域と直接的に密接に結合されている隣接領域については、その隣接領域を作り替えようとする際に必要な程度の深い理解は必要ではなく、その異なる領域をあたかもカプセル化されたライブラリのようにみなして、それを必要に応じて呼び出しして駆動させる際に、その隣接領域の内部的動作の癖や、どのようにしてそれを呼べば良いか、どのようにすればこのような挙動が発生するか、どのようにすれば不具合を上手く隠蔽することが出来か、という程度に、動作原理と実際の実際の大まかな細部を理解していれば、それで十分に足りると思われる。

その上で、特定の細部について分からないことがあれば、その都度色々と設計書を調べたり、コードを呼んだり、文献に当たったり、インターネット上で調べ物をしたりすれば良いのである。

8　どのようにすれば、複雑高度なシステム領域を楽しく自然に探索する意欲が生じるか

先に述べた通り、システム領域の内部的理解の能力を有する人材は極めて希少であるから、仮にその能力を手に入れたならば、その人材には、大きな経済的価値が生じることになる。

すると、個人の側としては、自らの人生上重要な、社会的価値を高めるという手段として、システム領域について是非とも詳しくなりたいと欲することは、利益追求のための行動の動機として自然に発生する当然の動機である。

ところが、コンピュータに限らず、いかなる学問領域であっても、社会的価値が生じる程度に勉強に励むという行動パターン、その利得だけを追求してそれに取り組む際には、大いなる苦痛が生じる原因となり、結局三日坊主で諦めてしまうことになりかねない。

特にシステム領域の問題は、表面的なアプリケーション領域と比較して、目に見えない部分、素早く動作してしまって訳が分からない部分等、日常生活から見ても、五感的にも、特徴が薄く印象に残りにくい極めて抽象的な領域であり、机上だけの勉強では、間もなく飽きてしまって、大いなる苦痛を感じ、効果も薄い。そこで、勉強が長続きするためには、何らかの工夫を施して、探求を楽しむようにするほうが有利である。そのためには、いくつかの方法がある。

まず、不完全性について面白く感じられるような (すなわち、インチキな・けったいな) 部分を探して探求するという方法があり、これは、かなりうまくいく。

システム領域というのは、普段のアプリケーション領域、ユーザー領域から見えない舞台裏 (バックステージ) の部分である。たとえば、来客用の通路や陳列されている見世物は一見きれいに見えているが、裏側に入り込んで内部行動を見てみると、信じられないことに、大変いいかげんに実装されていて、よくこのような具合で、なんとまあ、何十年も世界中の何千万台のコンピュータの共通的重要処理が動いているものだ、というように、毎日何千万人もの目を触れるとても重要な部分が、意外にインチキな実装になっていることを知り、その発見をとても楽しく思うものである。誰かその複雑怪奇な部分を書き直せばきれいになるのだが、事実上一応不具合なく動作しているようで、そのままに放ったらかしになっている部分が、主要なシステム領域のプログラムでも山ほどある。

次に、セキュリティ上の理由で表からは見えないようにしている部分について、どのように隠蔽して、分離や強制を実現しているのかというような、安全確保の仕組みを見て回るのも、大変に面白いと感じられるはずである。

システム技術領域では、複数のアプリケーションやユーザーを同じ空間に収容して、効率性を高めたり、必要な相互作用・共同作業を図ったりする必要がある。ところが、複数のアプリケーションやユーザーが隣と干渉すると、秩序が乱れて、正常な活動が不可能になってしまう。

また、暴走したアプリケーションやユーザーを検出・特定し、その動きを速やかに予防または排除するという仕組みも必要になる。このような秩序維持のために、システム領域では、あたかも公安警察のような、裏側に隠れてこそこそと動く治安

維持機能や、生安警察のような、実際に出てきて取り締まりをするような機構などが記述されている。

普段はアプリケーションまたはユーザーとして表側で振る舞っているときによく見かけるセキュリティや暴走排除の仕組みが、裏ではこのように実装されているのかということを見て、深く感心することになる。

また、このようなセキュリティの仕組みを見て回るときに、かなり極端な暴走状況を想定して仕組みが記述・実装されていることを感じるはずである。先人が想定して実装してくれたそういった記述・実装の基礎となっている実装者の豊富・多様な想像力を感じることができ、それに感動をするのである。

さらに奥深く進むと、大変重要なセキュリティ実現のための隔壁部分が、わずか薄皮一枚で隔てられている様子を、興味深く見つけることもできる。サイバー空間は、物理的な隔壁の質量よりも、薄皮でもよいのでその論理的意味合いの強さや周辺部分との整合性のほうが、実際のセキュリティ問題に対して高い耐性を示すのである。

大抵はこのような周辺を探索して歩くと、未知の脆弱性を発見してしまうものであるが、それもまた楽しみの一つである。

そして、単に対象物を静的に分析するというだけでなく、実際に動作している極めて重要なシステムを間近に裏側から見るというのは、何よりも楽しいことに感じられるであろう。

その上に何百万人ものユーザーの重要な仕事、通信、生活が乗っていて、少し間違えると全部クラッシュしてダウンしてしまって大変なことになるというようなシステムが、色々と存在する。

そういったシステムを表面からでなく、裏側から秘密の内部的通路を通って観察をするのである。これは、特にクラウドサーバー群や、インターネットシステムや、電話会社の通信インフラ等の物理的なインフラの内部実装に近い部分を観察する際に向いている。

単なる 1 台のコンピュータの中で発生する様々なシステムソフトウェアの挙動は、自らのコンピュータの上で、仮想マシンやデバッガ等を用いて、いくらでも

時間をかけて楽しむことができ、それはすべてのユーザーが可能なことであるので、それによって得られる体験の希少性価値は、他の人であっても恐らく同等のものが得られるのであろうという予測が成り立つ。

他方で、現用の実際の莫大な責任の重みがかかっているシステムに間近に接近をして、それがまさに先人達がコツコツと積み上げてきたシステムソフトウェアのプログラム・コードによって寸分違わず円滑に動作しているという様子を目の当たりにすれば、自分もまたそのようなシステムソフトウェア技術を是非とも実装し、同じように何百万人ものユーザーの生活や仕事がかかった状態で現実の負荷をかけた状態でそのシステム・サービスを提供したいというような、根源的な意欲が、われわれの内側から、自然に湧き出してくることは、間違いが無いことなのである。

そのような意欲がわれわれの内側に一旦発生したならば、そのようなシステムやソフトウェアの設計や開発を現実化するために是非とも必須となる、システムソフトウェア領域に関する勉強に励もうと思うものである。

目前で見て感動したものと同じ程度の物を、寸法はもう少し小さいとしても、本質的な同等の動作をするようなもの (ミニチュア的なもの) を自ら少し作って遊びたいと考えるものである。そのような意欲がいったん発生したならば、自然に、色々と必要な勉強をして、システムを組んだり、プログラムを開発したりし始めるであろう。

9　コンピュータシステムとネットワークシステムは併せて習得する必要がある

システム領域について深く取り組む場合、コンピュータシステムとネットワークシステムは深く関連しており、併せて習得する必要がある。

すなわち、(1) コンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域、の 3 領域のうち 1 つに狙いを定めて、残り 2 つは知らんと考えるのは大いに不利である。

人間の身体は、頭脳、神経、器官が連なって 1 つのシステムを構成しているが、たとえば神経だけを他から分離して、それのみを拡大して研究の対象としても、人

間の身体を理解することはできない。

特定部位について着目して考える場合も、全部がつながった状態を前提として色々と考える必要がある。そして、これらのつながりの部分間に、安易な境界線を引いて分離してはならない。ここから内は自らの責任で、ここから外は責任範囲外として区分してはならない。それは既存の手法に基づいて経営事務的な動作を繰り返す IT 業界のサラリー・マンの行なうことである。

われわれは、全体的視点を見た問題解決、最適化されたシステムの構築、及びシステムに関する必要に応じた技術革新を行なうことにより希少性を入手しようとする以上は、IT 業界のサラリー・マンの行動様式とは全く別の行動をしなければならない。

すなわち、1 人で、(1) コンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域、のすべての領域を、単体の頭脳で把握しなければならない。

これらを統合的に把握した 1 つの頭脳の個人的能力は、(1), (2), (3) をそれぞれ分離的に把握した 3 つの頭脳 (IT 業界の 3 名のサラリー・マン) が合わさって議論して生じる集団的能力を悠々と上回る。

その理由は、(1), (2), (3) をそれぞれ別々に理解した 3 名が合わさって無理矢理知恵を出し合って問題を解決するために必要なコミュニケーションコスト (物理的に発生する時間) が原因である。これは、単なるコストの問題ではない。コストの問題であれば、資本があれば解決できる。

ある複雑な領域を理解して問題解決をするための高度な思考を 1 つ頭脳の内部に一時的に保っておいた後に、それを保持している状態で、別のある複雑な領域を理解して問題解決をするための高度な思考を 1 つ頭脳の内部に一時的に保っておいて、この前者と後者との間で可能な限りの融合パターンを探索し、最適な解をその一時的な思考状態が消失するまでのタイム・リミットが到来するのでの間に見つけ出すためには、その一時的な思考状態が消失するまでの時間的猶予しかない。

(1), (2), (3) のように分化した 3 名の頭脳を揃えても、それらの頭脳の間の思考を瞬時に結びつける意思伝達方法が、現在の技術水準では、言語によるしかない

のであれば、言語として頭脳の思考をシリアライズ (書き出し) し、通信手段 (音声、文字) で相手に渡し、受け取った人がこれをデシリアライズ (読み取り) して理解するまでにかかる 3 名の間の通信遅延時間を超えると消失してしまうような一時的な思考状態に関連した集団思考は、原理的に行なうことができない。

よって、(1), (2), (3) のように分化した 3 名の頭脳は、仮に無限の時間をかけても、無限のコストをかけても、決して、1 人の単体の頭脳で (1),(2),(3) を統合的に把握している頭脳に勝つことができない局面が存在する。そして、そのような局面が生じるような最先端部分において、ようやく、価値のある技術革新を行なうことができる。

したがって、一人の人が、(1) コンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域のすべての領域を理解し、これを自らの頭脳の中で統合的に把握した状態を作り出す必要がある。

(1), (2), (3) のように分化した 3 名の頭脳が、同じ組織に存在するだけでは、「組織的に」 (1),(2),(3) を理解していることにはならない。単に個別に理解しているバラバラの思考が存在するだけである。

このような単一人で広い領域を深く理解した状態の人材が、複数人集まってチームワークを行なえば、はじめて、複数人を集めて意味のある技術革新が生じ得る。相互に細かい得意部分は異なっても、総じて (1) コンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域 のすべてを理解している人たちの間では、ある先鋭的思考を行なうとき、それを少ない言葉で表現して共有することが可能となるためである。

それによって、各人の思考が同時並列的に行なわれるならば、その思考過程で次々に発生する差分情報も、また、少ない言葉で互いに共有可能であり、短い時間で、同期が整うことになる。

すなわち、(1),(2),(3) を初めて「組織的に」理解していることになる。巨大な頭脳が誕生していることと同一となる。

極めて優れた技術を生み出す外資系の大規模 IT 企業の人材の強みは、ここにある。巨大なクラウド・サービス、検索エンジンサービス、AI サービスは、(1) コ

ンピュータ領域、(2) インターネット領域、(3) 通信インフラ領域 をだいたい統合的に理解している個人の能力の結集で作られているのである。

10 ネットワークシステムは、インターネット領域と、通信インフラ領域から成る

インターネット領域と、通信インフラ領域とは、背景思想と、発達の歴史が異なる。インターネット領域は、ソフトウェア本位、情報処理主体 (コンピュータ) 本位、ユーザー本位であり、権限や責任の分散価値の実現の思想を基礎としている。

通信インフラ領域は、ハードウェア本位、通信事業者 (NTT 東日本等の電話会社等) 本位、管理権力者本位であり、権限や責任の集中価値の実現の思想を基礎としている。

そして、現在のデジタル社会においては、この 2 つの領域が、別々のところから生じて発展してきて、互いに対立を繰り返しながら、一応、かなりけったいな形状で結合し、さらなるけったいな形状を生み出したが、それが事実上非常に良い状態で組み合わさっている。

この偶然の産物の上で、われわれは、大いなる利便性を受けているのである。あたかも東洋文化と西洋文化のような具合である (ところで、この東洋・西洋の 2 つの文化が融合された国が、日本であるため、日本は、誠にけったいな構造になっている)。

この 2 つの、インターネット領域と、通信インフラ領域とを、1 つのものとして技術理解を試み、さらに技術革新をしようとすると、混乱することになり、成果が生まれにくい。

また、この 2 つのうち一方だけを重要とみなして、もう一方への取り組みを忘れる (知らずにいる) と、正しいアイデアを思い付くことができない。

重要なのは、この 2 つの構造や価値観の違いを両方とも把握した上で、両方とも吸収してしまうことである。

このように考えて、システム領域 (インターネット領域、通信インフラ領域、コ

ンピュータ領域) の 3 つを同時に学べる領域である、電話局とインターネットの、特に面白くけったいな部分を探索していくことにしよう。

第 2 節　電話局とインターネット入門

1　電話会社の「フレッツ光」とインターネット

(1)　概説

われわれは、自宅や会社等の建物内から、また、移動中の屋外から、高速な光ファイバや携帯電話サービスを利用して、インターネットを快適・高速・安価に利用できる。

建物にインターネットに接続するために光ファイバを引きたい時は、地域電話会社 (NTT 東日本・西日本) か、その販売代理店である ISP (Internet Service Provider: いわゆるプロバイダ) に頼めばよい。例えば、「フレッツ光」というサービス名称の FTTH (Fiber To The Home: ユーザー宅までの光ファイバ) サービスを申し込めばよい。申込みをすると、わずか 1 ～ 2 週間で工事作業員がやってきて、光ファイバが自宅の室内まで接続され、ヘンな装置 (ONU という。後述する) が自宅に設置される。最近では「フレッツ光」という名称ではなく、例えば、「ドコモ光」とか「ソフトバンク光」といって市場で売られているが、これらも中身は「フレッツ光」である。各社でこれを卸購入して、各社が自社ブランドで小売り販売しているのである。

われわれは、この奇妙なフレッツ光というものに、パソコンやルータを接続すれば、ISP を経由して、自由自在に、インターネットが利用できる。光ファイバを引く際の工事費はせいぜい数万円程度で、月額料金は数千円程度である。これだけで、かなり高速・快適なインターネットへの通信環境が手に入る。全世界のインターネット上のサーバーにアクセスすることができるし、自分のサーバーを自宅に設置して、全世界のインターネット・ユーザーからアクセスを受けることもできる。このように、日本の居住者は、申込みをするだけで、たちまちに、世界一安価で高速なインターネットが、驚くべき迅速さで利用できるようになっている。

このような驚くべき迅速さで開通ができ、極めて安価なコストで利用ができる、光ファイバを用いた高速インターネット用インフラであるフレッツ光は、現代社会を根底から支えている。このインターネット用インフラは、定額課金制であり、ど

れだけ利用しても、月額数千円しか課金されない。この光ファイバサービスは、電話会社に対するユーザーからの頻繁な批判の元となっていた高額な電話回線の従量制課金（特に長距離電話）に基づいた電話会社自らのビジネスモデルと大いに矛盾するものである。ところが、後に詳述するように、日本では、なんと最大の電話会社である NTT 東日本自らが、自らの通話料収入の減少を招くことも厭わず、様々な技術的工夫を施して「フレッツ光」としてこのような定額制光ファイバサービスを開発し、これを広範囲に普及させたのである。西暦 2000 年代におけるこのような電話会社による光ファイバインフラの構築により、現代のデジタル社会の基礎が成立した。

(2) 「フレッツ光」は「インターネットそのもの」ではない

実は、上述したような電話会社の光ファイバサービス「フレッツ光」のようなものは、「インターネットに接続する」ためのインフラであり、「インターネットそのもの」ではない。電話会社の光ファイバの宣伝には、「高速インターネット」等と書いてあるが、これは、どういうことだろうか。

航空会社の広告の「ハワイ旅行」は、ハワイそのものではない

電話会社が「高速インターネット」と宣伝するのは、航空会社の宣伝に「楽しいハワイ旅行」と書いてあったり、JR の新幹線の宣伝で「そうだ。京都行こう。」と書いてあったりするのと同じ意味で、インターネットという言葉を用いているのである。

飛行機は、ハワイへ行く手段であり、ハワイそのものではない。新幹線も、京都へ行く手段であり、京都そのものではない。新幹線、飛行機にだけ乗って降りずに折り返して戻ってきても、京都旅行、ハワイ旅行をしたことにはならない（そういうことが好きな人々もいるが。）。

同様に、電話会社の広告の「フレッツ光 高速インターネット」は、インターネットそのものではない

ところが、電話会社の光ファイバとか、携帯電話サービスを見ると、電話会社・

携帯電話会社のサービスそのものが「インターネットだ」とすり込まれてしまって、混同してしまう人が多い。最近、特にインターネット事業者がフレッツ光を卸購入して一緒に小売りするので、間違ってしまうのも無理はない。

電話会社 (固定電話も、携帯電話も) のサービスは、インターネットへ行く手段であり、インターネットそのものではない。そして、この飛行機、新幹線、電話会社といった到達手段を、「アクセス」と呼ぶ。光ファイバサービスは、インターネットに「アクセス」するための手段である。

「光で高速インターネット! FLET'S 光」という看板
(NTT つくばビル付近に設置されていた看板, Google Streetview より)

(3) 「インターネット」は運営主体が存在しない

例えば「東京ディズニーランド」は単一の主体（運営会社）と同一であるが、「インターネット」には、そのような運営主体は存在しない

「インターネット」というものは、何らかのインターネット運営責任主体が存在して、その主体によって営業されているサービスではない。

たとえば、著名な「東京ディズニーランド」は、上場会社「株式会社オリエンタルランド」が運営しているので、ディズニーランドの施設に不具合があれば、同社が来客に対して全責任を負う。

ところが、「楽しいハワイ旅行」、「そうだ。京都行こう。」という広告における「ハワイ」、「京都」というものは、そういった概念が存在するだけで、「ハワイ株式会

社」、「京都合同会社」というような何らかの確固たる主体が存在して、「ハワイ」や「京都」を運営している訳ではない。京都府庁というものは実在するが、「京都府庁へ行かないと京都旅行をしたことにならない」という訳でもない。では、京都というものに関連して、何ら意味のある実体が無いのか (すなわち、「京都旅行は原理的に不可能である。」ということになるか?) というと、そういう訳でもない。京都というコミュニティ (連合体) を形成しているいずれかの主体 (商店、旅館、道路等) に何らかの方法で到達して、便宜を受け得る状態になれば、「京都旅行をした」といえるのであろう。しかし、京都の商店、旅館が何らかの連合体を全員で結成しているかというと、そういう訳でもない。「京都」というのは何ら主体性のない精神的な集まり (共同で作り上げられたブランド) に過ぎない。京都旅行をする人に対して京都旅行を提供する責任を単一で有する責任主体は、存在しない。

そして、旅行中に、ある京都の店舗のうち 1 つの責任でトラブルが起きたとき、それは、旅行者とその 1 つの店舗との間の問題であり、これについて、京都コミュニティにある他の店舗が皆で連帯して責任を負ってくれることはない。

同じく、京都旅行という商品を企画しアクセスを提供した JR そのものに責任があるということにもならない。このように考えると、JR が「そうだ。京都行こう。」というのは、無責任ではないか、という考えが出てくる。実際、JR は、この広告の結果、京都で旅客の身に何が起ころうと、文字通り無責任である。

2　インターネットの特徴

(1)　概説

上記の「京都旅行」という言葉に対する滑稽な分析により、われわれは、今や、「インターネット」というものの本質が理解可能となった。これは以下の 4 つの特性を有している。

(1)　インターネット運営会社というような単一の主体は存在しない。

(2)　インターネットというコミュニティ (連合) を形成しているいずれかのプロバイダに何らかの方法でアクセスして便宜を受け得る状態になれば、イ

ンターネットが利用できる状態であるといえる。

(3) インターネット上のある主体とトラブルになったとき、それはその 1 つの主体との間の問題であり、他の主体が連帯責任を負ってくれる訳ではない。

(4) さらに、インターネットと、それへのアクセスを提供している電話会社とは、完全に別物で、電話会社はインターネットに対して完全に無責任である。

ただ、前記の比喩の京都旅行と比べてインターネットの優位な違い、極めて革新的な点が、1 つある。それは、

(5) インターネットを形成するいずれかの主体に、何とかして、到達しさえすれば、他の主体に自由に、無料で出入りできる。具体的には、裏口を使わせてもらえて、裏路地へ抜けられる (裏路地は、これらの主体がそれぞれ提供している。)。そしてなんと、裏路地経由でインターネット内の他の主体 (全地球上である。) どこにでも自由に訪問できる。
裏路地はかなりいい加減な道であり、品質保証されていない (契約関係がなくても、通ることができる。)。しかし、裏路地があるか無いかは、大きな違いである。

インターネットの普及においては、上記 (5) の要素が、決定的に重要であった。インターネット以前の通信ネットワークは、電話会社による閉鎖的・強権的ネットワークであり、その従量・距離別課金モデルも相まって、(5) の要素が生まれる余地はなかった。インターネットでは (5) が成立した。裏路地は、迷路のようになっているが、インターネット内の任意の場所に訪問できる。その裏路地通行料は、旅行者に対しては、完全に無料である。

なぜこれが無料で成り立つのかは、詳しく後述する。

(2) インターネットの基礎は、AS（自律システム = 独立国）と IP アドレス（土地）

上記でいう、インターネットという連合体を形成する主体 1 つ 1 つを、「AS (Autonomous System: 自律システム) 」 という。自律システムとは、独立した領主・領土というような意味である。インターネット上の概念における主権を持っていて、他の主権者によって決して干渉されない。AS は、免許番号のような形で、整数の番号を持っている。これは AS 番号と呼ばれる。AS は、インターネット上の土地のような、「IP アドレス」というものを持っている。IP アドレスの種類としては、IPv4 と IPv6 とがある。バージョン 4 と 6 という意味である。西暦 1970 年代に成立した IPv4 アドレスというアドレス空間は、今となってはとても希少である。

AS 番号の話に戻ると、筑波大学の AS 番号は、「AS37917」であり、「130.158.0.0/16」と「133.51.0.0/16」という 65,536 個 ×2 = 131,066 個の IPv4 アドレスを使っている (筑波大学と図書館情報大学が 2002 年に合併した。両方がグローバル IPv4 アドレスを 65,536 個ずつ持っていた)。著者の関係する会社の 1 つであるソフトイーサ社の AS 番号は、「AS59103」であり、3,000 個くらいの IPv4 アドレスを持っている。米 Google 社の AS 番号は、「AS15169」であり、1,000 万個程度の IPv4 アドレスを持っている。これらの AS 間は、完全に独立・対等である。2023 年 2 月 8 日時点で、世界中の AS の数は、110,378 個である。すべて互いに独立・対等である。読者も、本気でインターネット上で AS を運営したいのであれば、AS の割当てを受け、どこか最寄りの AS と「裏路地」で接続させてもらえば、IPv4 アドレスや、IPv6 アドレスを、自ら持つこともできる。ISP に遠慮は不要になる。ISP を解約してもよい。自らが ISP だからである。賛否両論のあるサーバーを運営したからといって、ISP から辞めろと言われることもない。自分が ISP だからである。IPv4 アドレスや、IPv6 アドレスは、原則として一生使える。ISP を乗り換えると変更になるということもない。自分が ISP だからである。ただし、インターネットにつながらないといって、サポートをしてくれる ISP のコールセンターはいない。自分が ISP だからである。インタ

ーネットにおける AS は、これだけ自由である。いかなる技術革新も可能である。米国の各行政庁、Apple、Google、Amazon、Microsoft、Twitter、Facebook 等がどんどん IT 技術革新ができるのは、AS を自ら運営しているからである。日本の行政庁、日本の企業がいまいち IT 技術革新ができないのは、AS を自ら運営せず、商用 ISP の AS の中に従属しているからである。

参考 ― インターネットフルルートの確認方法

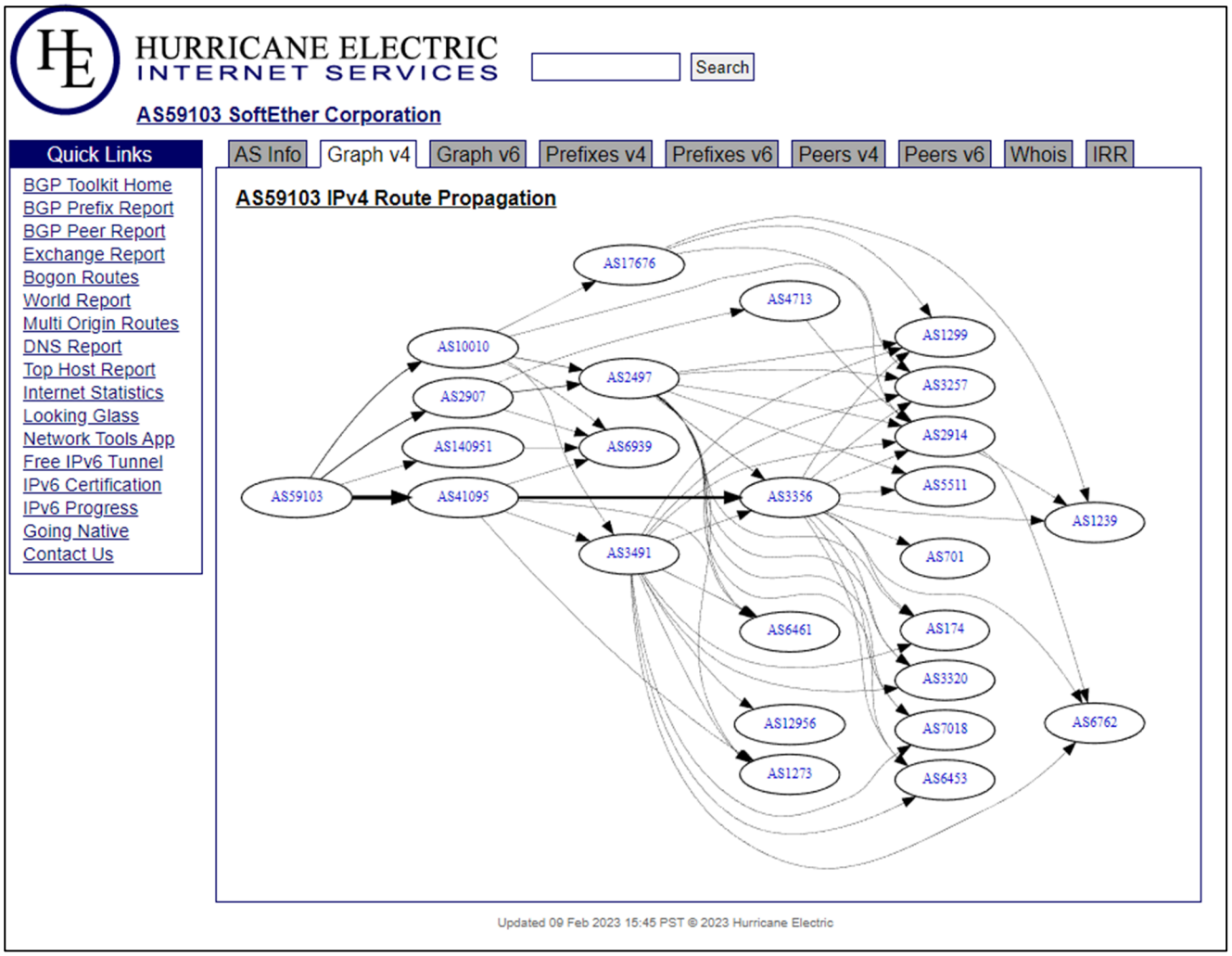
上記で、いくつか具体的な IPv4 アドレスや AS 番号、組織名を紹介した。それでは、IPv4 / IPv6 アドレスから AS 番号を調べたり、逆に AS 番号から関係している IPv4 / IPv6 アドレスを調べたり、AS 間のつながりを調べたりするには、どうすれば良いだろうか。

実は、後述する BGP の仕組みを使えば、簡単に調べることができる。そこで、BGP の仕組みを使って、代わりに、Web サイトで調べて画面上にわかりやすく結果を表示してくれるサービスを作った人がいる。このようなサービスは複数あるが、著者がお勧めなのは、米国 Hurricane Electric 社 (激安 ISP) の BGP Toolkit である。

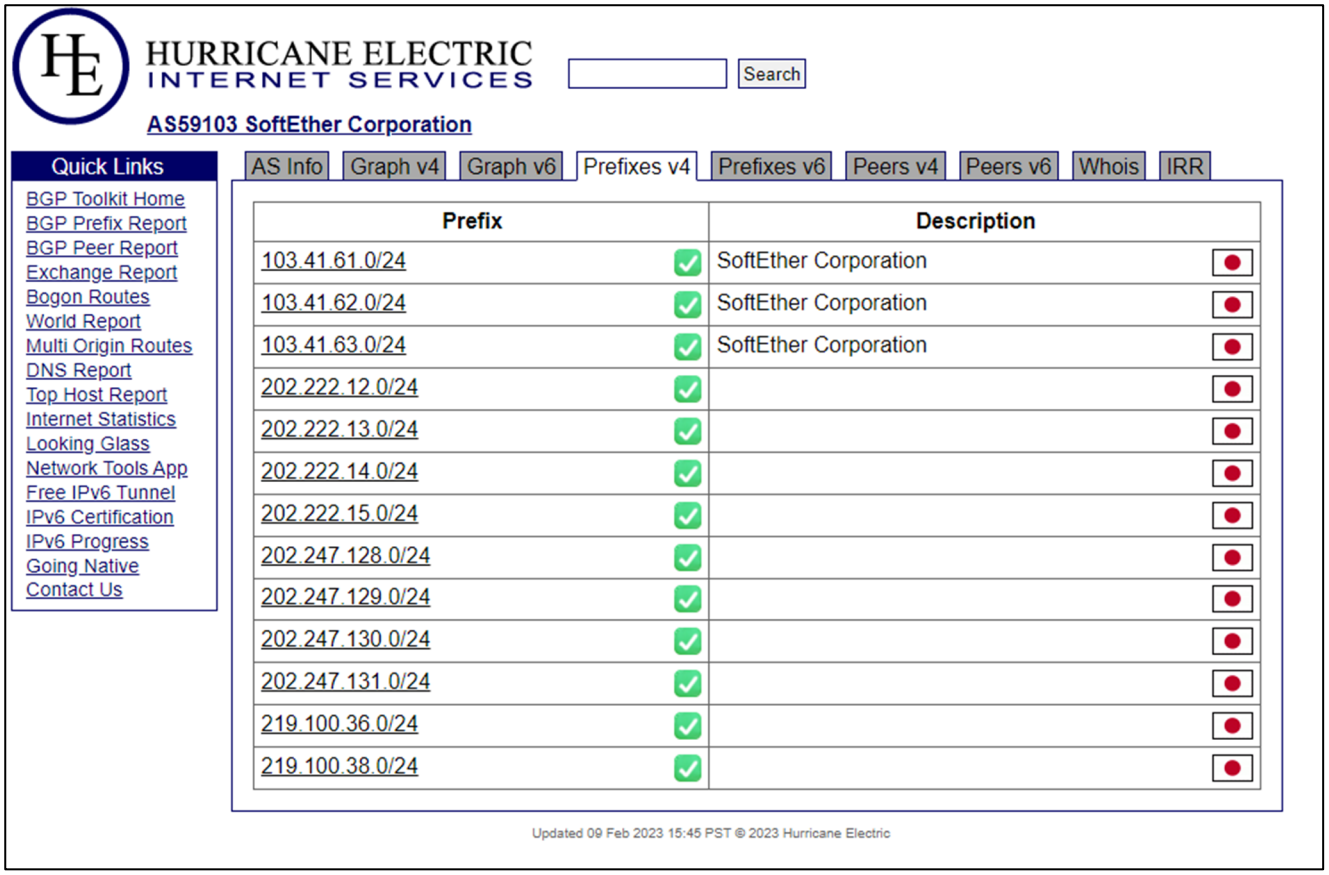
例えば、以下の URL にアクセスしてみよう。AS59103 という AS は、ソフトイーサ社の AS 番号である (上記に書いてある。)。これを調べてみよう。

> https://bgp.he.net/AS59103#_graph4

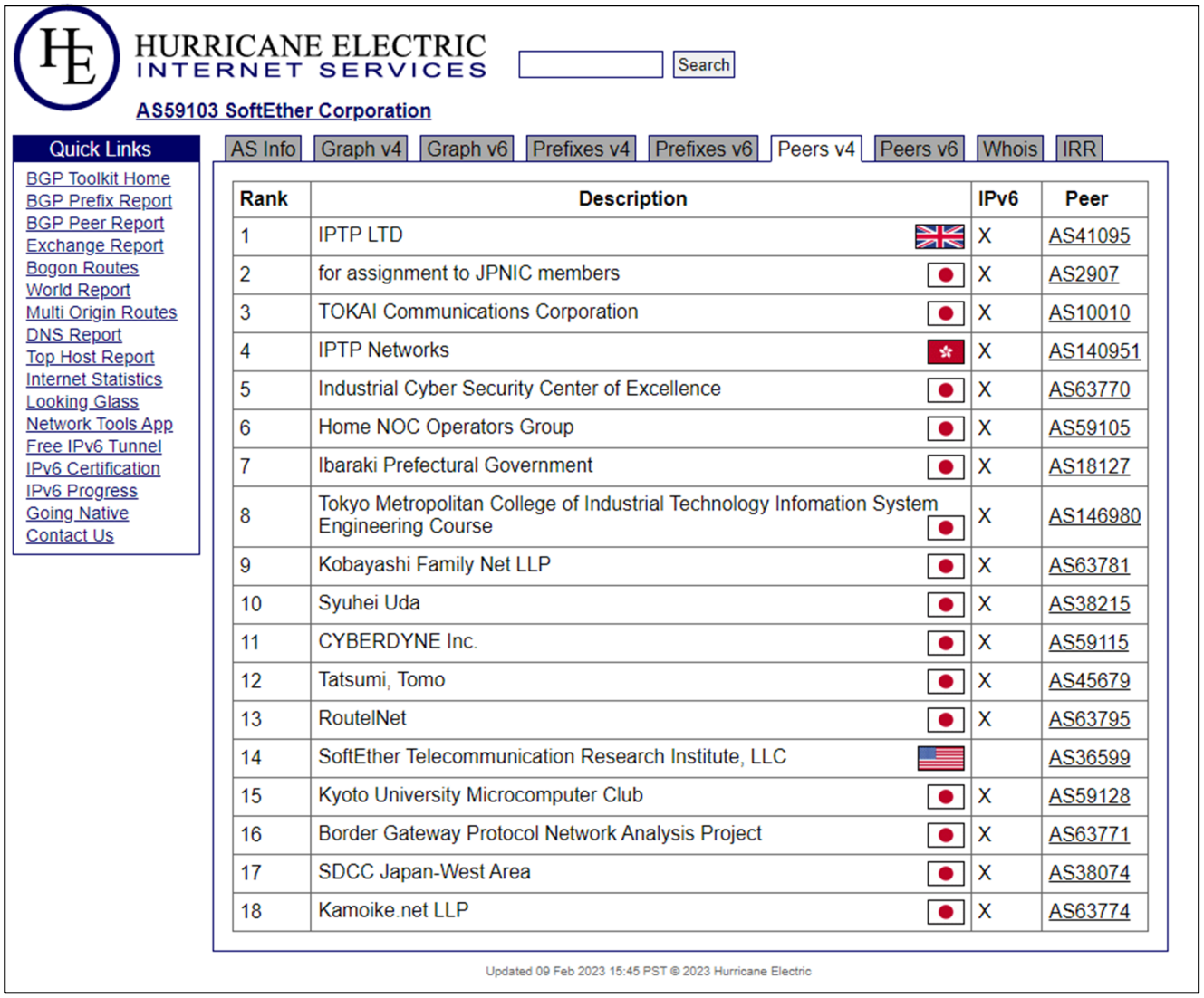
すると、下図のように、接続図が出てくる。これが、AS59103 からインターネットの他の部分にどのような経路で接続されているかを示す図面である。



それでは、このけしからん AS59103 (ソフトイーサ株式会社) は、どのような IPv4 アドレスを BGP を用いて使用しているのだろうか。それを調べるためには、「Prefixes v4」をクリックすればよい。



最後に、ソフトイーサ株式会社 (AS59103) は、どのような組織と、BGP で隣接 (直接接続) しているのだろうか。それを調べるには、「Peers v4」をクリックすればよい。



HURRICANE ELECTRIC INTERNET SERVICES

Search

AS59103 SoftEther Corporation

Quick Links

BGP Toolkit Home
BGP Prefix Report
BGP Peer Report
Exchange Report
Bogon Routes
World Report
Multi Origin Routes
DNS Report
Top Host Report
Internet Statistics
Looking Glass
Network Tools App
Free IPv6 Tunnel
IPv6 Certification
IPv6 Progress
Going Native
Contact Us

AS Info | Graph v4 | Graph v6 | Prefixes v4 | Prefixes v6 | Peers v4 | Peers v6 | Whois | IRR

Rank	Description	IPv6	Peer
1	IPTP LTD	X	AS41095
2	for assignment to JPNIC members	X	AS2907
3	TOKAI Communications Corporation	X	AS10010
4	IPTP Networks	X	AS140951
5	Industrial Cyber Security Center of Excellence	X	AS63770
6	Home NOC Operators Group	X	AS59105
7	Ibaraki Prefectural Government	X	AS18127
8	Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology Infomation System Engineering Course	X	AS146980
9	Kobayashi Family Net LLP	X	AS63781
10	Syuhei Uda	X	AS38215
11	CYBERDYNE Inc.	X	AS59115
12	Tatsumi, Tomo	X	AS45679
13	RouteINet	X	AS63795
14	SoftEther Telecommunication Research Institute, LLC		AS36599
15	Kyoto University Microcomputer Club	X	AS59128
16	Border Gateway Protocol Network Analysis Project	X	AS63771
17	SDCC Japan-West Area	X	AS38074
18	Kamoike.net LLP	X	AS63774

Updated 09 Feb 2023 15:45 PST © 2023 Hurricane Electric

ソフトイーサ株式会社 (AS59103) は、まあ、何とすごいことに、18 個もの AS と直接接続しているようである。この中には、「Ibaraki Prefectural Government」(茨城県庁) とか、「Kyoto University Microcomputer Club」 (京都大学マイコンクラブ) とか、「CYBERDYNE Inc.」(筑波大学の山海先生の CYBERDYNE 社) とか、「Industrial Cyber Security Center of Excellence」(謎の国家組織) といった、誠に怪しい組織も、たくさん出てくるのである。誠に、けしからんことである。

(3) インターネットは AS 間が BGP で相互接続された裏路地

インターネットの本質 ＝ 無責任だが無料で提供されている全世界を包含する裏路地

上記の比喩で、「裏路地」という表現した。自宅のコンピュータから、一度いず

れかの AS の中にアクセスしたら (これは電話会社によって提供される。)、裏路地を通って世界中のすべての AS にアクセスできる。裏路地は、主体 (AS) がそれぞれ大変適当に提供し合っている。裏路地の責任主体は、極めて怪しい。裏路地を通るとき、色々な AS の土地を勝手に通過させてもらうことができる。何ら契約関係がなくても、通っていって良いのである。ただし、裏路地にはぬかるんでいる所があり、不快なこともあるが、無料なのでまあいいや、ということになる。この裏路地の存在が、インターネットの画期的な点である。

BGP = 独立領主が裏路地の全世界的相互接続を成立させるための国境接続儀礼

裏路地を構成する際の約束事や、方向を示す立札看板を立てる方法のようなものを、BGP (Border Gateway Protocol: 国境接続儀礼) という。新しく AS を作り、裏路地につなぐときは、この国境接続儀礼を遵守する必要がある。

BGP を少し悪用すると、勝手に他の主体の IP アドレスを使うと宣言して、その IP アドレス宛の通信を全世界から全部引っ張り込むこともできてしまう。セキュリティ的に大変危険であるが、これはなかなか防げないので、問題になっている。AS は国際社会における最上位の主権者であり、BGP は国際社会における事実上の法 (国際法) である。ある AS が BGP の法に違反したからといって取り締まられることがない (より上位の主体がないため)。ただし、「あの AS は法を遵守していない危険な AS だ。」 (例: Google の Public DNS サーバーの IP アドレス 8.8.8.8 を他の AS が勝手に名乗った) ということで、すぐに世界中に風評が伝わり、他のすべての AS から村八分にされることで、事実上隔離され、危険は回避される。インターネットにおける IP アドレスに基づく通信というのは、このように、大変にいい加減な仕組みである。

このあたりのインターネット基礎中の基礎を知らずに、日本警察のサイバー犯罪対策課などは、IP アドレスについては、Whois 台帳 (どの IP アドレスがどの組織に割当てられているかを管理する台帳) の記載を信用していて、事件に使われた IP アドレスが分かれば確実に通信者 (少なくともプロバイダ) が特定できるなどと誤解していて、これを疑うことをしない。Whois 台帳と、実際に誰が IP アド

レスを使っていたかは、全く無関係である。少し自ら BGP をやってみればすぐに分かることである。ある土地で殺人事件が起きたときに、登記簿を見て、土地の所有者にお前が犯人だと言うようなものである。土地の登記簿と、その事件があったときに土地に誰がいたのかは、無関係である。

ちなみに、日本の警察がサイバー、サイバーといっておきながら、サイバー空間の根本部分の基礎知識が分かっていないことは、無理もないことである。警察組織の中に通信技術やインターネット技術といったものの内側の知識習得や試行錯誤を行なう環境がこれまで存在しなかったからである。しかし、これからは真剣に勉強する意欲があるようなので、未来は明るい。

👉 日本人のインターネット技術者たちは西暦 1980 年代 ～ 西暦 2000 年代にインターネットの世界初・世界最先端を数多く生み出した

日本人のインターネット技術者たちは、西暦 1980 年代～西暦 2000 年代に、インターネットにおける、米国に次いだ極めて重要な役割を果たしてきた。日本には、インターネットに関して、数々の世界初の輝かしい歴史が存在する。これらは、インターネット発祥の地の米国の人々を驚かせる勢いであった。

たとえば、UNIX の代表格である BSD という OS (現在の FreeBSD や macOS、iOS 等の基礎) にインターネットの IPv4 通信プログラムを世界初で実装したのは、日本の慶應大学であり、西暦 1982 年頃のことである。これは、BSD の本物の開発者のビル・ジョイ氏の実装より早かったとのことである。

今の西暦 2020 年代の米国を中心としたインターネット企業が依存している基礎を西暦 1980 年代～西暦 2000 年代に作り上げたのは、日本人たちである。米国企業が日本人たちのインターネット技術力に追い付いたのは、数年 ～ 10 年以上も後のことである。BSD 用の IPv6 スタックの実用的な実装を世界で初めて行なったのも日本であった (KAME プロジェクト、西暦 1998 年 ～)。世界で初めて 6Mbps もの動画コンテンツを大規模ネットワークで多数のユーザーに配信したのも日本が最初である (NTT 東日本のフレッツ・スクウェア、西暦 2001 年)。世界で初めて大規模 IPv6 商用光ファイバネットワークを構築したのも日本が最初で

ある (NTT 東日本のフレッツ・ドットネット、西暦 2003 年)。

なお、日本国内で初めて拠点間で TCP/IP の通信が成功したとされるのが、西暦 1987 年 7 月で、東京大学大型計算機センターと東京工業大学情報工学科の建物間であり、64Kbps の専用線によるものであった。

また、日本から初めてアメリカのインターネットに接続することに成功したとされるのが、西暦 1989 年 1 月 15 日である。村井純先生が、文科省の学術情報センター (現 NII。SINET の運営主体。) から依頼され、日米データベース検索用の 9600bps の専用線を用いて、TCP でメール送信に成功した。しかし、実はそれ以前に東北大が ARPANET に接続していたという説もある。日本で初めて AS を取得したのは IIJ 社で、西暦 1992 年のことであった[①]。

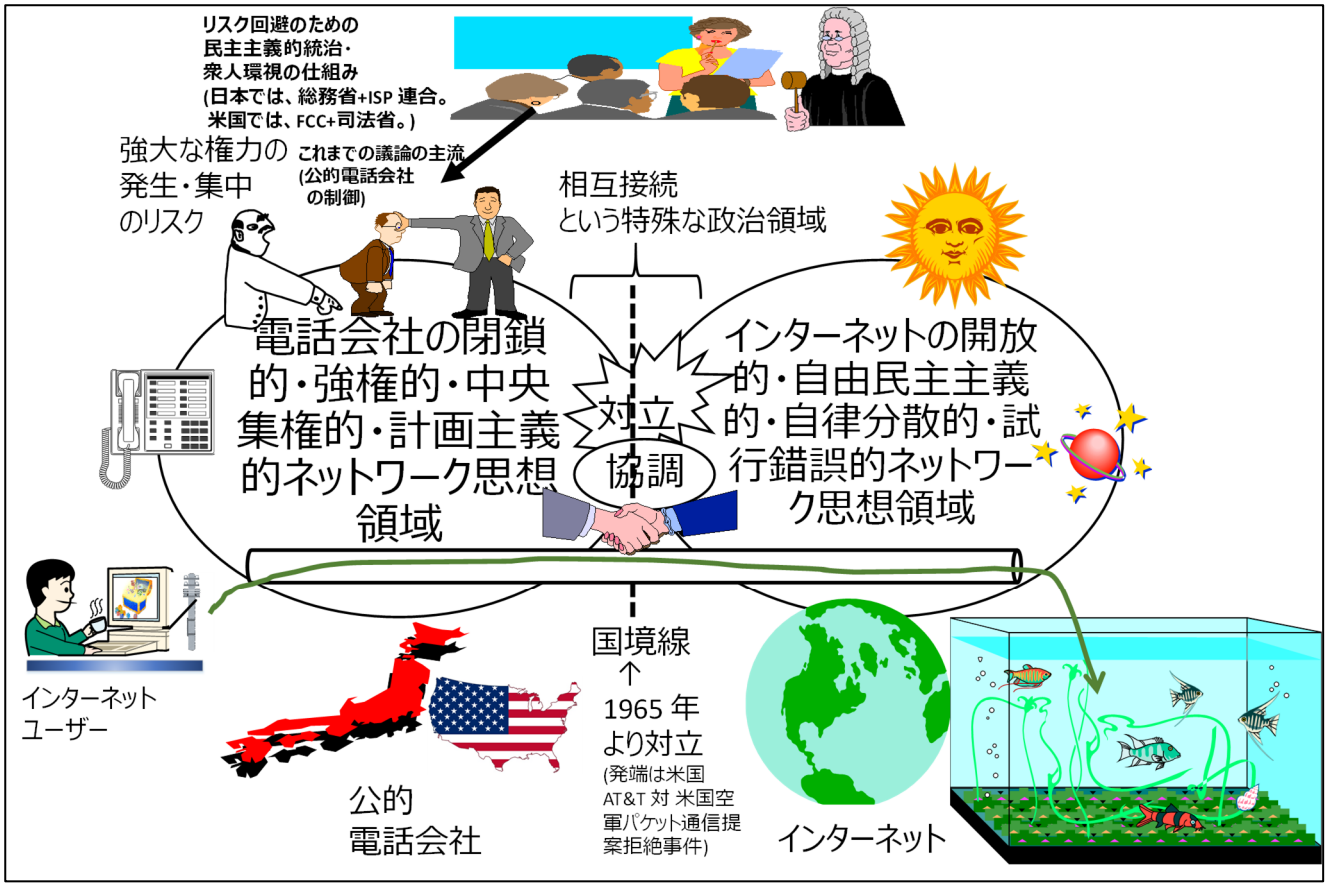
3 電話会社とインターネットは根本的に対立している

電話会社がインターネット (へのアクセス) を「高速インターネット フレッツ光ファイバ」等と売り歩いているからには、電話会社はさぞかしインターネットが大好きなのだろうと思われるであろう。JR が「そうだ。京都行こう。」というからには、JR の人は京都が好きであろう。それと同じであろう。少なくとも、「JR」と「京都」が根本的に対立しているということはない。そういう風に思われるのである。

事実は、正反対である。電話会社は、「高速インターネット 光ファイバ」等とインターネットをおおいに売り歩いておきながら、実は、インターネットは全く好かないのである。インターネット思想の側の人たちも、同様に、たいてい、電話会社を全く好かないのである。これは、インド・パキスタン国境に似ている。北朝鮮・韓国国境にも似ている。実のところ同じ人種であるが、思想、慣習、政治的イデオロギーが真逆である。

---

① 「日本でインターネットはどのように創られたのか ? WIDE プロジェクト 20 年の挑戦の記録」 ISBN4844326775



電話会社とインターネットとは、根本的に対立している

インド/パキスタン国境の写真 (c) NARINDER NANU / AFP
https://www.afpbb.com/articles/-/3394371?pid=24296541

4　電話会社は、自らの短絡的収益減少を犠牲にしてでも、長期的な社会利益実現のため、インターネットの技術革新を常に牽引してきた

電話会社とインターネットとは、根本的に対立している。しかし、相互に接続しているのである。そして、実は、後に述べるが、この相互接続絶妙な連携関係こそが、これまでの技術革新の鍵であり、これからの技術革新再生の鍵である。

1965 年の大衝突事件（米国空軍のパケット通信思想と AT&T の対立）

電話会社とインターネットは、1965 年の大衝突事件 (1965 年に米国空軍のポール・バラン氏がパケット通信の仕組みを米国電話会社 (AT&T) に提唱したところ、大反対されて、拒絶された。) 以来、犬猿の仲である。

ところが、次がまさに驚異的な出来事であるが、1965 年の大衝突事件のわずか 4 年後には、まさにパケット通信が大嫌いなはずの、AT&T 電話会社の中から、インターネットそのものを支えることになる画期的な OS である UNIX が誕生した。UNIX によってインターネット構想は現実化し、UNIX の進化は、インターネットをおおいに発展させ、ついには、UNIX を生み出した電話会社の電話料収益を脅かすようになったのである。

NTT 東日本

日本でも、同様の現象がみられる。後に様々に述べるように、日本でも、電話会社とインターネット大きく対立してきたし、今でも対立している。ところが、そのような中にあって、なんと、西暦 2000 年代、NTT 東日本は、フレッツ光を作り、インターネットをおおいに発展させたのである。

その結果、電話の課金モデルは、通話時間に応じた従量制であったが、インターネットの普及により、電話の利用は減少し、NTT 東日本の通話料収入は、この 20 年間で、30% 程度となってしまった (通話料収入について、2002 年 3 月決算が約 1.7 兆円、2022 年 3 月決算が約 0.5 兆円。)。

NTT の素晴らしい点は、莫大な利益を挙げている既存サービスと相反する技術革新的なサービスが、その全く同じ会社内から生まれる点、これを堂々と認めている点にある。このような一見奇妙な電話会社の役割や行動原理の社会的価値と、電

話会社を貫く特有の精神構造については、後に述べる。

さて、NTT 東日本は、2000 年代に、フレッツ上で社員たちが試行錯誤を繰り返し、日本におけるインターネットを発展させ、その活動と影響力は日本に留まることなく、ついには、インターネット技術を用いた世界初の画期的な IP 通信実験やサービス (それは、その後巨大米国 IT 事業者たちが真似をして、追い付くのに 5 ～ 10 年以上もかかった。) をいくつも実現しているのである。

本文書の中では、NTT 東日本を研究し、このインターネットと電話会社との 2 つの思想の対立点と、それによって引き起こされてきた様々な興味深い事象をみて分析をする。

第 2 章　通信インフラ界 — 強権的・閉鎖的な電話会社システムと自由な開放点（POI）

前章で電話会社とインターネットの対立関係を簡単に説明し、一方で、インターネットの発展に電話会社が大きく寄与したという関係も説明した。インターネットと電話会社とは、誠に奇妙な関係で密接しているから、われわれは、インターネットを理解するために、単にインターネット上の表面的技術のみを勉強していては不十分である。

われわれは、電話会社の側も研究し、その内部構造を深く理解することが、インターネットの理解と、技術革新につながる。そのための最初の入口として最適なのは、NTT 東日本のような電話会社の光ファイバネットワーク（「フレッツ光」等）の現存する実例を用いて、動作原理と設計思想を解説することである。

次に、フレッツ光を構成する光ファイバや、ルータ設置場所である電話局のような強大なリソースを、NTT 東日本は有しているが、これと同じくらい優れたネットワークを、社外の人であれば、勉強すれば、誰でも作れることが法律上保障されており、そのための仕組みも、実は整っている。これにより、誰でも、NTT 東日本のリソースを用いて、NTT 東日本と競争できるようなより優れたネットワークを作ることができるのである。そして、これは相互接続点 (POI) として深く電話局の内側に存在する。西暦 2000 年代には熱気に溢れたこの POI が埋もれてしまい、西暦 2020 年代には知る者が少ない。POI の存在と、これが日本の情報通信業界の発展および技術革新に、いかなる重要な役割を果たしてきたかを説明する。

第 1 節　NTT 東日本のフレッツ光の全貌

それでは、電話会社の光ファイバネットワークが、一体、どのような動作原理と設計思想で成り立っているのであろうか。

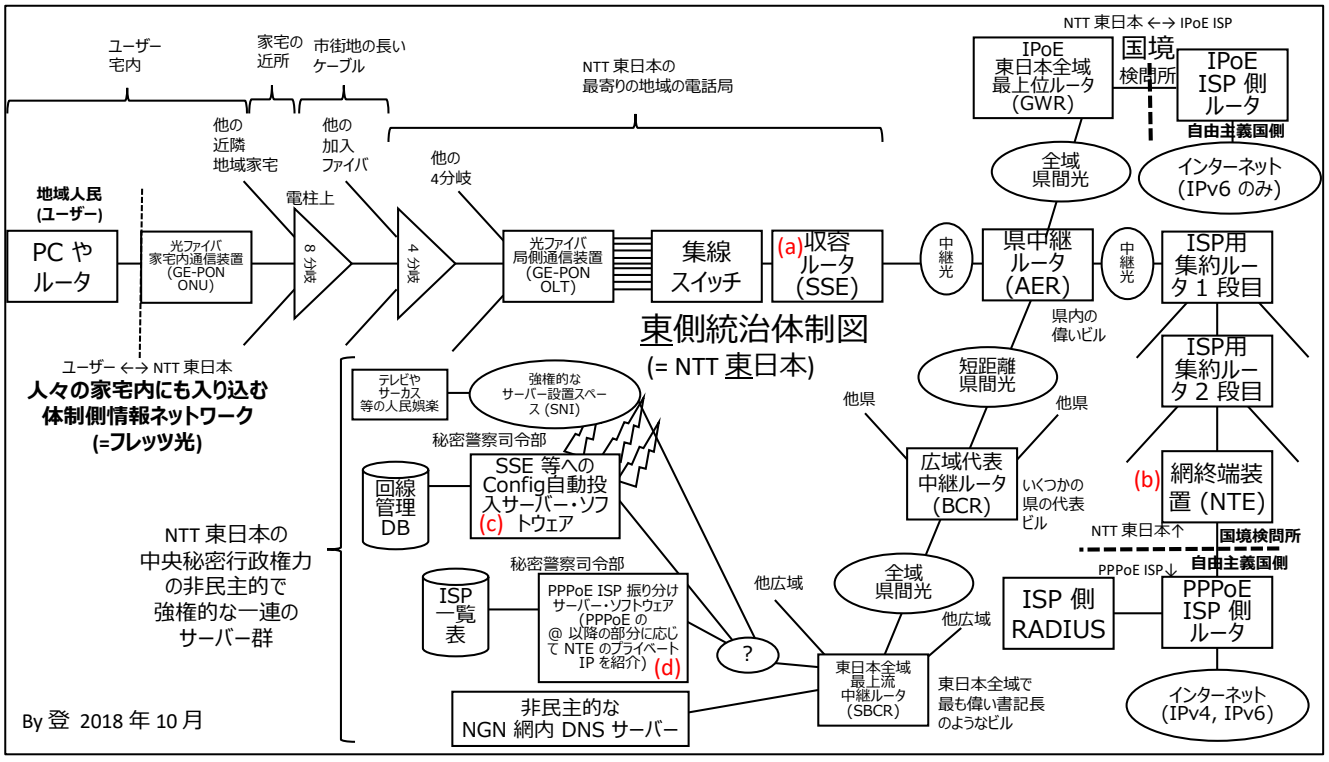
以下では、電話会社の代表例として NTT 東日本を、光ファイバネットワークの

代表例として「フレッツ光」を対象として解説をする。

1　フレッツ光の内部構成図

(1)　フレッツ光の内部構成図（著者が西暦 2018 年に描いたもの）

NTT 東日本の現在のフレッツ光網の全域の内部構成図を示す。この構成図は、著者が NTT 東日本に入社することになった西暦 2020 年 4 月よりも 1.5 年前に、公開情報と NTT 東日本社外からの観測結果だけから検証して作った図面である。入社した後、90% くらい合っていることが分かった。10% くらいは間違っているが、それは小さな部分なので、問題無い。したがって、あえて修正せずに、元の図を掲載する。

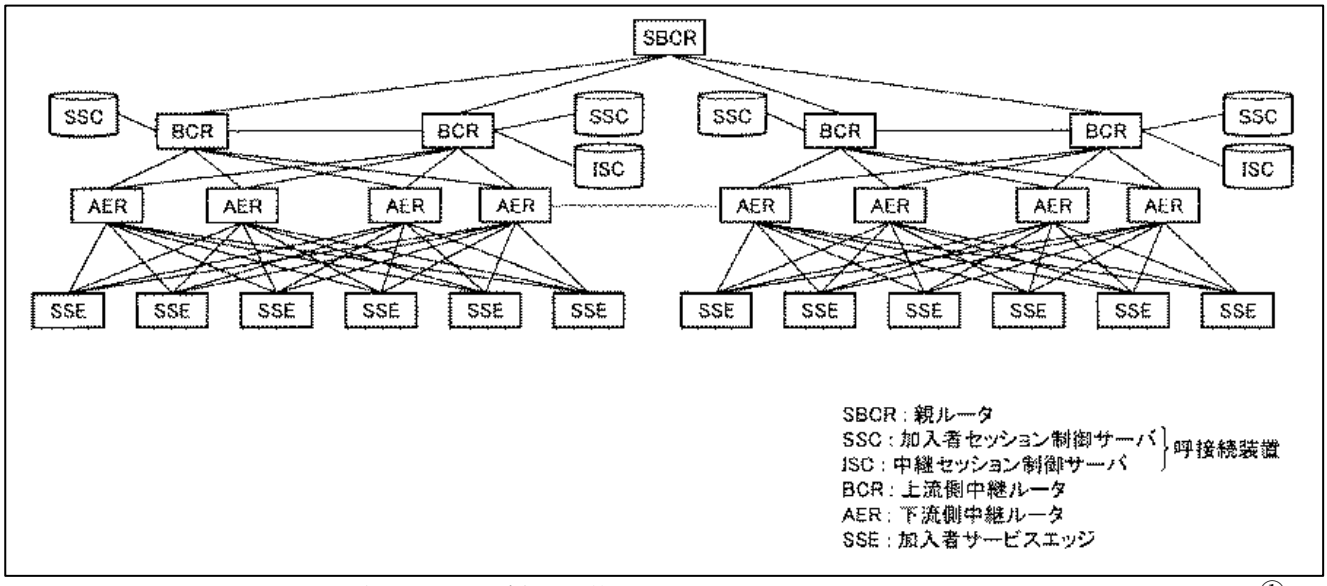


フレッツ光の内部構成図 (著者により 2018 年 10 月に作成)

なお、この図の付随的な重要ポイントは、NTT 東日本の秘密のフレッツ網であっても、正しく外部から観測するだけで、だいたいこれくらいの内部構造を知ることができるという点にある。

図の中で、収容ルータや中継ルータについて、AER、BCR、SBCR というよう

な NTT 東日本の内部用語が出てくる。なぜこのような名称が入社前に分かるかというと、それは、特許文献に詳しい NGN の内部構造が書いてあり、そこに、これらのルータの名称が出てくるのである (下図)。

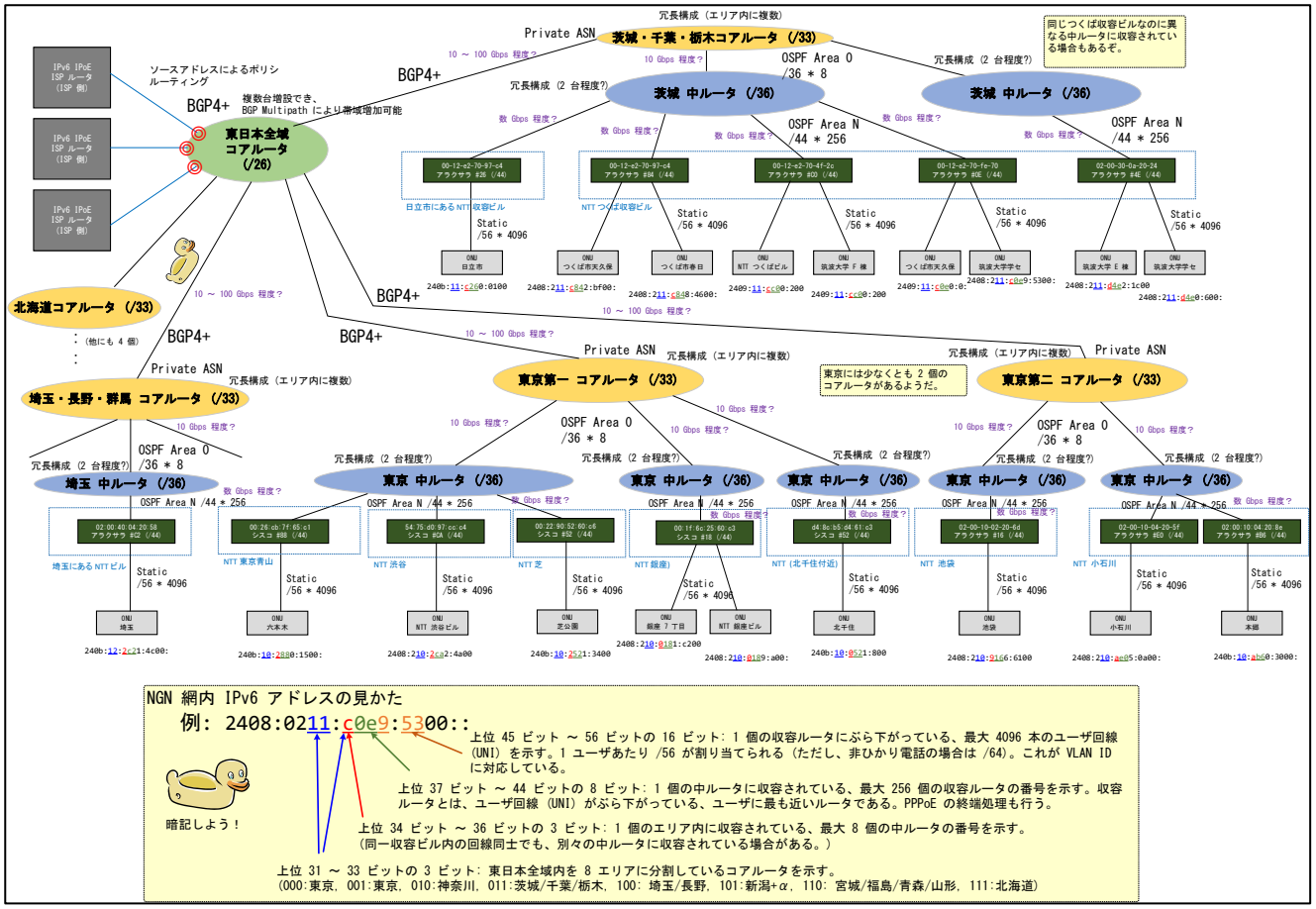


フレッツ光の内部中継ルータ等の構造や名称が惜しみなく出ている特許図面[①]

(2) フレッツ光の収容ルータ・中継ルータ・IPv6 関係図 (著者が西暦 2016 年に描いたもの)

もう 1 つ、全体的な図を掲載しておく。前の図は、フレッツ網の構成について、全体的・物理的な構成を示していたが、下図は、このうち収容ルータ、中継ルータ、IPv6 通信に関する点を描いているものである。これは、著者が西暦 2016 年に描いたものである。これも、外部からの観測のみ (MAC アドレス、traceroute のホップ数、遅延時間等に基づく分析) で構成した図面である。この図面には、オマケが付いていて、「NTT 東日本 NGN の設計と実装」というアドレス構造の表が書いてある。図面も、アドレス構造の表も、いずれも誤りがあるが、それなりに正しく、全体像を理解していただくために活用いただけると思う。

① https://patents.google.com/patent/JP2013143618A/ja



NTT 東日本 NGN の設計と実装 ※ 注: 実際にはいくつか誤りがある。

東日本全域では以下の 8 個のコアルータ (/33) があり、BGP4+ で接続されている。

- 0:10:0000::/33 東京都 第一 (/35 * 4)
- 0:10:8000::/33 東京都 第一 (/35 * 4)
- 0:11:0000::/33 神奈川県 (/33)
- 0:11:8000::/33 茨城県 (/35)・千葉県 (/35)・栃木県 (/35)
- 0:12:0000::/33 埼玉県 (/35 * 3)・長野県 (/35)
- 0:12:8000::/33 新潟県 (/35) + α (?)
- 0:13:0000::/33 宮城県 (/35)・福島県 (/35)・青森県 (/35)・山形県 (/35)
- 0:13:8000::/33 北海道 (/33)

1 個のコアルータの下には /35 単位で都道府県に割り当てられたアドレスがあり、
これを /36 に分割して、県内の中ルータ (最大 8) に収容する。
1 個の中ルータの下には、最大 256 個の収容ルータ (/44) を設置可能。
1 個の収容ルータの下には、最大 4096 回線のアクセス回線を収容可能 (/56 * 4096)。
この最大 4096 回線に対して、VLAN ID (2 ～ 4091) を割り当てて OLT 経由

(実際には、上記 Prefix を元に、以下の 5 個の Prefix がビット OR 演算された
計算結果が、ルーティング情報として使用される。
すなわち、実際のルート数は 5 倍に増加する。)

(1) 2408:200::/23 - IPv6 網内折り返しを許容するユーザ用割り当てアドレス
(2) 2408::/23 - IPv6 網内折り返しを許容しないユーザ用割り当てアドレス
(3) 2400:2400::/23 - Softbank BB ユーザ用割り当てアドレス
(4) 2409::/23 - インターネットマルチフィードユーザ用割り当てアドレス
(5) 240b::/23 - JPNE ユーザ用割り当てアドレス

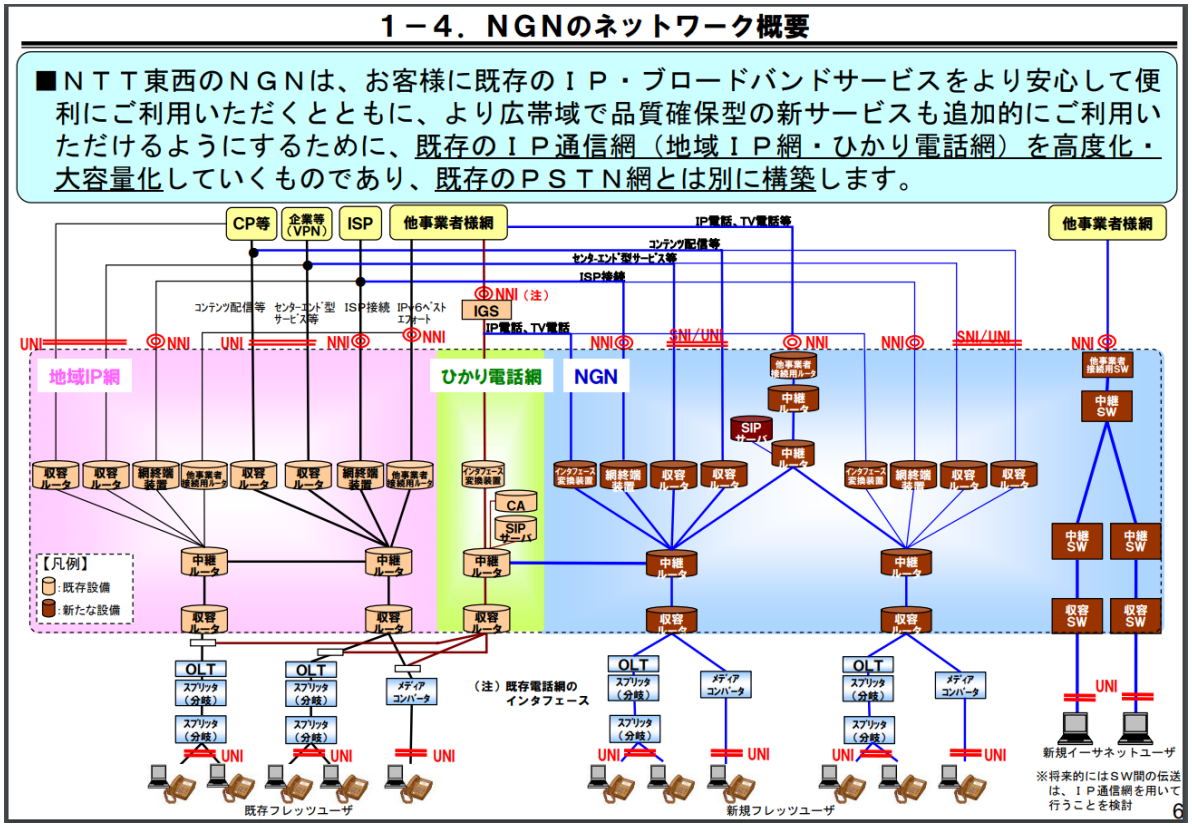
NTT 東日本全域コアルータは、デフォルトルートを IPoE 対応 ISP に対して向けている。ただし、デフォルトルートは IPoE 対応 ISP の数だけあり、ソースアドレスが上記 (3), (4), (5) のいずれであるかに応じて送付先 ISP を切替える。(ソースアドレスがこれ以外の場合は、パケットを破棄する。)

フレッツ網の内部構造を外部から理解する際に役立つ公開情報がいくつかある。

最も有益なのは、ソフトバンクテレコム・ソフトバンク BB からの NTT 東日本/NTT 西日本へのフレッツ光ファイバ分岐貸しを求める民事訴訟 (東京地裁平成 23 年 (ワ) 第 32660 号) の公開資料であった①。

同様に有益なのは、総務省の会議における、NTT 東日本や他の通信事業者等が大量に提出する資料と、これらを総務省がまとめて有識者向けにわかりやすく解説する資料群であった②。総務省資料の重要性については、後に詳しく述べる。

また、NTT のフレッツ網の内部構造は、時々、電子情報通信学会という学会に論文または招待講演資料として投稿される。たとえば、電子情報通信学会のネットワークシステム研究会 (NS) の NS2017-17 (IP 中継ネットワークの技術動向) 等は、極めて参考になった。



NTT 東日本は、フレッツ網の内部構造を総務省での会議によく提出している

① http://www.credolaw.ne.jp/practice/

② https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/iken/pdf/071113_1_si7.pdf

2　フレッツ光網の重要な構成要素、役割、相互関係

以下、NTT 東日本のフレッツ光網の解説を、簡単に行なう。詳しい各部の設計思想、構造、実装、機材、ソフトウェアの挙動等については、本文書の後述する部分と、次回以降の続編で述べる予定である。

(1)　電話局

まず、フレッツ光のネットワークは、電話局を中心に構成されている。電話局は、4 種類ある。

(a)　地元にあるような普通の電話局

(b)　県に 1 箇所 (実は冗長で 2 箇所以上あり得る。) 以上あるような県代表の電話局

(c)　数個の県が集まって作られた広域ごとに 1 箇所 (実は冗長で 2 箇所以上あり得る。) あるような広域代表の電話局

(d)　東日本全体の通信が集まる極めて重要な 1 箇所 (実は冗長で 2 箇所以上あり得る。) の電話局である。

NTT 東日本つくば電話局 (つくば駅の近く、郵便局の隣)。
筑波大学の回線も、筑波大学付近のアパートの回線も、
すべてここに収容されている。

(2) 電話局間の中継光ファイバ

そして、これらの電話局間には、光ファイバが張られている。中継光ファイバという。

(3) 電話局と自宅とを接続する加入光ファイバ

中継光ファイバとは別に、加入光ファイバというものがある。これがユーザーから見たフレッツ回線の物理的な線である。(a) の電話局には、地域のすべての住戸からの加入光ファイバが、スター型 (中央集線の形のことをいう。) で集まる。

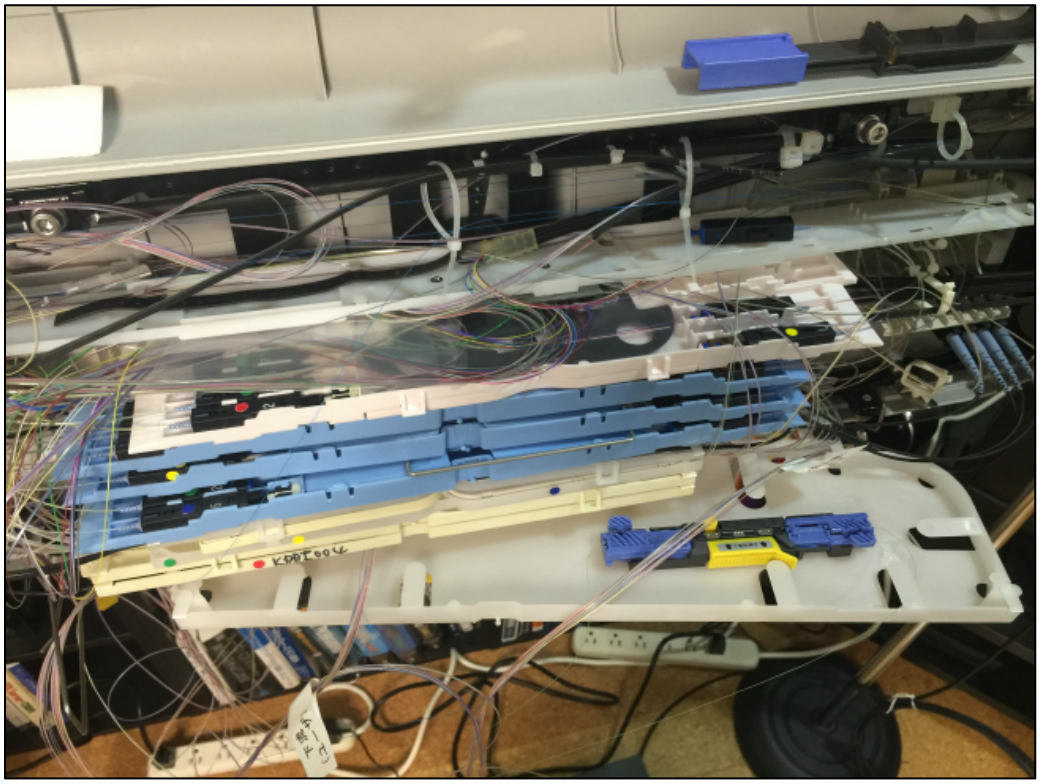
地域の大量の加入光ファイバが 1 箇所の NTT 東日本ビルに全部集まる

加入光ファイバのところは、一工夫してある。1 本の加入光ファイバを、最大で、近隣住民 8 戸で共有できるようになっている (マンションではもう少し別の仕組みがあるが、ここでは省略する。次回以降の続編で詳しく述べる。)。これは、スプリッタという大変面白い仕組み (光ファイバを文字通り分岐する。) が存在する。

さらに、そのような加入光ファイバが 4 本電話局にきたら、その 4 本をスプリッタで束ね (分岐し)、局内で 1 本の光ファイバにして、GE-PON OLT という装置に接続する。

GE-PON OLT は、コストが高く、収容スペースや電力を消費するので、できるだけ台数を減らしたいが、それに役立つのである。これで 32 戸を 1 本の光ファイバにまとめることができる。コストはかなり安価になる。

仮に、スプリッタという技術が存在しなければ、仮に 1 戸あたり数万円の月額料金になってしまっていたであろう。



電柱上に吊ってある光ファイバと同様の「クロージャ」を分解した様子。
スプリッタが入っていて、ここで 8 分岐している

筑波大学の地下共同溝を通じて、学情センターに、著者がオーダした NTT 東のありがたい 40 芯の新しい NTT 東日本光ファイバを引いていただく様子。
西暦 2015 年 8 月 11 日

筑波大学の地下共同溝に光ファイバを注入するための樽

筑波大学の地下共同溝の奥深くでの光ファイバ同士の融着接続の瞬間

(4) GE-PON システム（加入光ファイバを分岐し複数人で共有するシステム）

スプリッタという謎の仕組みで、なぜ複数の戸の通信を 1 本のファイバに共有できるのだろうか。

これには、GE-PON (Gigabit Ethernet - Passive Optical Network) という仕組みの理解が重要である。GE-PON の結構主要な部分の仕組みは、筑波大学のすぐ北にある、NTT アクセス研究所というところで開発されたそうである。

GE-PON のような (他の方式も存在する) 光ファイバを多数のユーザーで共有する仕組みは、現在の安価なブロードバンド社会の実現に必須の部品として、大きな価値を持っている。この魔法のような GE-PON の肝心の仕組みの説明をするには、かなりの説明分量が必要である。今後の続編で述べる予定である。

GE-PON の電話局側の装置を OLT (Optical Line Terminal、光加入者線終端装置) と呼び、自宅側に設置されるあの権力的な NTT ロゴマークが付いている装置を ONU (Optical Network Unit、光回線終端装置) と呼ぶ。

OLT と ONU との間で通信の論理リンクが確立される。ONU には権力的な LAN ポートが付いており、ここに PC やルータを接続すると、LAN と全く同じ通信の仕組みにより、自宅から注入した電話局の側の GE-PON OLT の出口ポートから、Ethernet (イーサネット) という仕組みのパケットが出てくる。ところが、OLT は最大 32 戸によって共有されているので、その通信は分離されなければならない。これも、LAN で利用されている VLAN (Virtual LAN: 仮想 LAN) という技術が使われている。企業内 IT に詳しい方であれば、「タグ付き VLAN」、「Trunk ポート」と言えば、通じる方も多いと思われる。

フレッツの GE-PON ONU (宅内装置)。
写真は、筑波大学学情センターに立ち並ぶ大量の ONU

フレッツの GE-PON OLT (局側装置)。
写真は、NTT つくばビルに立ち並ぶ大量の OLT。
皆さんのつくばエリアの自宅の GE-PON ONU もここに収容されている

(5) 集線スイッチ

GE-PON OLT から出てきた VLAN で多重化された通信ケーブルは、集線スイッチというものに入る。GE-PON OLT は、電話局ごとに大量の台数が存在するが、これを、収容ルータに入れるために、ケーブルの本数を少なくする必要があるためである (収容ルータにはケーブル端子がそれほど大きくない。ルータであるためである。)。

複数台の GE-PON OLT から大量に LAN ケーブルが集まる集線スイッチ。1 本の青い LAN ケーブルに最大 32 世帯分が VLAN で重畳されて歓迎される

(6) 集線スイッチの先に、いよいよ、大規模なフレッツ IP 網が待ち受けている

自宅の GE-PON ONU、自宅の近所のスプリッタ、市街地の光ファイバ、電話局のスプリッタ、電話局の GE-PON OLT、集線スイッチと経て LAN と同様の Ethernet (イーサネット) パケットが電話局の内部中枢神経に、今、辿り着いた。

ここは、強権的電話局における人民を収容する派出所のような部分である。いよいよ、この際に、極めて強大で閉鎖的な電話会社による強権的大規模なフレッツ IP 網が待ち受けているのである。

この畏れ多いフレッツ網で特にインテリジェントな高度複雑な処理が実施されているのは、以下の 4 箇所の強権的機関である。

(a) 収容ルータ (SSE: Subscriber Service Edge)
(b) 網終端装置 (NTE: Network Termination Equipment)
(c) 全国の大量の収容ルータに Config を自動投入するソフトウェアプログラム (Telnet や SSH のクライアントとして動作する。)
(d) 収容ルータから網終端装置への PPPoE 接続要求を振り分けるための制御サーバー

以下、この現代の日本のコンピュータ・ネットワークを物理的に統治する、権力的装置群を、興味深く見廻ることにしよう。

(7) フレッツ収容ルータ (SSE: Subscriber Service Edge)

集線スイッチの先の (a) 収容ルータ (SSE: Subscriber Service Edge) というのが、フレッツ網を理解する上での大きな鍵のゲートウェイである。

(a) の収容ルータは、全国に数千台が存在する。収容ルータは、ソフトウェア処理の塊と、ハードウェア処理との高度な融合である。

フレッツ収容ルータ (SSE: Subscriber Service Edge) が
大量に立ち並ぶ様子。(電話局テレビ取材の際に撮影)

(8) 網終端装置 (NTE: Network Termination Equipment)

(b) の網終端装置は ISP と接続する点である。(a) と (b) との間は、PPPoE トンネル (PPPoE: Point-to-Point Protocol over Ethernet。詳しくは後述する。) が張られるが、より正確には、PPPoE の中の PPP というプロトコルを収容ルータで取り出して、これを L2TP (Layer-2 Tunneling Protocol) という UDP プロト

コルの一種 (このあたりは、固有名詞なので、分からなくても差し支え無い。今後の続編で詳しく述べる。) に入れ、L2TP の UDP パケットとして飛ばす。後述する中継ルータを通って、(a) と (b) の間の高速通信が実現される。(b) の網終端装置は、届いた L2TP パケットの中身から、ユーザーの元のパケットを取り出して、ISP に渡す。このような処理は、トンネリングと呼ばれる。フレッツ網の驚異的な柔軟性を理解する鍵である。後に詳しく述べる。

PPPoE の接続は、ユーザー認証を必要とする。ISP は契約しているユーザーからの接続のみを受付けたいためである。そこで、網終端装置から ISP の RADIUS サーバー (ユーザー認証サーバーのことである。詳しくは続編で述べる予定である。) に認証のお伺いが届く。ISP は、認証成功の場合、ユーザーに割当てる IP アドレス (または IP アドレス空間) を応答する。これにより、ユーザーの IP アドレスが決定される。

PPPoE 網終端装置と接続されている ISP 側の通信装置設置用棚
(ソフトイーサ株式会社提供)

(9) PPPoE 方式の鍵は、収容ルータと、収容ルータから網終端装置への PPPoE 接続要求を振り分けるための制御サーバーの 2 つの相互連携

さて、(a) 収容ルータは、ユーザーが PPPoE 接続を自宅側から開始したとき、それをどの ISP に接続するか、決定しなければならない。これは、PPPoE 接続

におけるユーザー名 `username@example.org` のような文字列のうち @ よりも後の文字列をもとに、表を検索して決定する。

表は本来すべての収容ルータが持つと良いが、頻繁に更新されたり、色々な追加的技術的工夫 (これらも、続編で述べる予定である。) も実現したいので、表は収容ルータに持たせずに、(d) ISP 振り分け制御サーバーに聞きに行く。(d) のサーバーは、ISP の一覧表を持っていて、どの ISP がどの網終端装置の先につながっているかを知っている。そこで、ユーザーが指定した PPPoE 接続におけるユーザー名 `username@example.org` をみて、網終端装置の IP アドレス (注意しなければならないのは、この IP アドレスは、プライベート IP アドレスというものであり、フレッツ網内における秘密の閉鎖的ネットワーク上でのみ意味を有する IP アドレスである。詳しくは、後述する。) を表で検索し、「10.1.2.3 ですね。」という旨の返事を (a) 収容ルータに返す。

収容ルータは、分かりましたということで、(a) から (b) まで PPPoE トンネル (厳密には、L2TP トンネル) を確立する。トンネルが確立されている間は、ユーザーは ISP との通信が可能である。

上記の仕組みで決定的なアイデアは、2 つある。第一に、PPPoE トンネルという仕組みにより、ユーザーが動的に ISP との接続・切断・切り替えを実現したことである。第二に、複数の ISP が存在するが、その接続先に応じて PPPoE トンネルを確立しなければならないが、ユーザーが指定した PPPoE 接続におけるユーザー名 `username@example.org` の `@` の後の ISP 識別子 (ドメイン) を用いて、動的に、複数の網終端装置のいずれに接続するべきであるかを制御するというアイデアを発案し、これを実装したことである。

もし、この仕組みがなければ、ユーザーごとに、「あなたはこの ISP」、「あなたはあの ISP」という具合に、予め接続されるべき ISP を申し込んでもらって、これを収容ルータの設定に書いておかなければならない。また、ユーザーは複数の ISP に同時に接続したり、用途に応じて次々に接続を変更したりできなくなる。これを、PPPoE の仕組みと、ユーザー名のドメイン名部分で切り替える仕組みを実装したことにより、解決した。

PPPoE、L2TP の仕組み自体は、1990 年代後半にすでに存在していた[①]。これは Cisco 社のルータ等に実装されていたが、極めてマイナーなものであった。1990 年代末に、PPPoE を利用することにしたのが、NTT 東日本社員の**山口肇征氏**を含めた数名の社員である[②]。

PPPoE について、実は、いくつかの説が存在する。前記の PPPoE 接続におけるユーザー名 `username@example.org` の `@` の後の ISP 識別子 (ドメイン) を用いて、動的に、複数の網終端装置のいずれに接続するべきであるかを制御するというアイデアは、NTT 東日本が思い付き、Cisco 社にアイデアを提供してソフトウェアを実装してもらったという説が存在する。一方で、すでにそのアイデアは存在し、Cisco のルータに実装されていたという説がある。すでに 25 年近く前の話であり、いずれが正しいのか、今後、探求をしたいと考えている。

PPPoE 接続先 ISP 振り分けサーバーを
取材のために撮影する BS テレビ東京の撮影班

① https://www.cisco.com/c/ja_jp/support/docs/dial-access/virtual-private-dialup-network-vpdn/9497-l2tp-multihop2.html
② https://www.tech-street.jp/entry/2022/11/09/143614

(10) PPPoE 方式と併存するより高速な IPoE (IP over Ethernet) 方式

PPPoE 方式の簡単な原理は上述したが (詳しくは後述する。)、もう 1 つ、別の設計思想に基づく IPoE (IP over Ethernet) 方式というものがある。これも後に詳しく述べる。PPPoE 方式は IPv4 と IPv6 という 2 つの世代の両方の通信規格で利用できるが、トンネルを張る必要があり、それによって通信の速度が低下する場合がある。フレッツ網の最大限の性能を引き出せていなかった。

他方、IPoE 方式は、IPv6 のみで利用できる方式であるが、フレッツ網の各ルータの IPv6 転送機能のハードウェアの最大限度の速度を実現することができる。IPoE 方式も極めて重要である。PPPoE と IPoE の本質的違いや特性については、後に述べる。なお、IPoE 方式における収容ルータにおけるユーザー収容の方法は 2 つあり、直接収容方式 (RA (Router Advertisement) と呼ばれるプロトコルを用いて制御する。) と、ルーティング方式 (DHCPv6-PD (Prefix Delegation) と呼ばれるプロトコルを用いて制御する。) がある。この 2 つの方式は、ひかり電話ルータの有無によって使い分けられている (宅内にひかり電話ルータがある場合、収容ルータは RA を話さず、DHCPv6-PD のみを話す。ひかり電話ルータが下流の PC に RA を話す。このあたりは、大変ややこしく、フレッツ収容ルータは、建て増し旅館のようになっている。ただし、フレッツ光クロスの収容ルータは、ルーティング方式 (DHCPv6-PD) のみになった。)。詳しくは、続編で詳しく述べる。

(11) フレッツを具体的に設計実装してきた三大ネットワーク大王

ところで、IPoE 方式のかなり重要な部分の鍵である DHCPv6-PD をフレッツ網で利用するというアイデアを発案したのは、NTT コミュニケーションズ社の**宮川晋氏**であった。というよりも、そもそも、Prefix Delegation (RFC3769) という概念そのものを発明したのが、宮川氏である。RFC にも、著者として名前が載っ

ておる[①]。宮川氏は、他にも、色々と現代的なフレッツ網を作り上げるのに必要な技術的知見を提供した。フレッツ網の根本的な部分を作り上げるのにかなり深く寄与した歴史的人物は、多数存在するので、今後史実を記録していくことが重要である。

現代の IPoE 方式において、ISP との接続方法を議論する際に、特に重要な貢献をした貢献者は、ソフトバンクグループの BBIX 社の**福智道一氏**である。

著者は、NTT 東日本の**山口肇征氏** (前掲)、NTT コミュニケーションズの**宮川晋氏**、BBIX 社 (ソフトバンクグループ) の**福智道一氏**は、フレッツを具体的に形成してきた各社の三大ネットワーク大王であると考えている。ただ、前に述べたように、インターネットというのは自由連合的な独立領主間で形成されており、重要な大王は、実は他にも多数存在している。

先に、電話会社の思想とインターネットの思想とは対立していると述べたが、NTT 東日本は地域電話会社そのものであり、他方で、NTT コミュニケーションズとソフトバンクグループは、この NTT 東日本と相互接続を行なうことで技術革新を牽引してきた、強権的地域電話会社思想の外側の、インターネットの思想に基づく自由の戦士である。だいたいは、ここで名前を挙げた 3 名は、電話会社がインターネット思想との間で互恵を実現するという意思決定をした後の戦士たちであるが、それ以前の時代に活躍された膨大な偉人 (比喩でいうと、日ソ共同宣言を締結することを実現するために寄与した方々のようなものであろう。) が多数日本に実在する。

このように、ここに挙げたような人物と並んで、現代のフレッツの実現に深く寄与した数多くの伝説的人物や企業により、現代の日本を支える現在のフレッツ網の設計と実装がついに西暦 2000 年代 (その最終部分は、2011 年 7 月 21 日という記念すべき日であった。[②]) に実現したのである。これらの重要な歴史と技術要素については、極めて重要なので、続編でさらに踏み込んで述べる予定である。

---

① https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3769
② https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20110719_01.html

(12) NTT 持株武蔵野研究所

収容ルータには、ここに記載し切れないさまざまな機能が実装されている。たとえば、ひかり電話制御機能がある。QoS (通信品質) 制御機能もある。

現在の NGN 網の収容ルータの実現に寄与したのは、NTT 武蔵野研究所の人材と、関係する技術協力企業である。

このような歴史も、十分な取材を行なった上で、極めて重要なので、続編でさらに踏み込んで述べる予定である。

NTT 持株会社の武蔵野研究所。フレッツ光ネクスト (NGN) の基礎が作られた

(13) 全国の大量の収容ルータに Config を自動投入するソフトウェアブログラム

日本全国に存在する大量の収容ルータをどのように管理するかという問題がある。管理といっても、監視して壊れたら修理するというのは、従来手法でよいが、より重要なのは、これらの収容ルータへの設定 (Config) の投入をどのように行なうかという問題である。

Config は、毎時間のようにどんどんと追加する必要がある。新しいユーザーが増えたり、PPPoE の最大セッション数を変更したり (フレッツ・セッションプラスという。)、網内 IPv6 通信を許可・禁止したり、ひかり電話を開通したりする際に、Config を投入する必要がある。

Config は、もちろん人間が投入しても良いが、ミスが発生するおそれがある。そこで、これを解決するためには、(c) 全国の大量の収容ルータに Config を自動投入するソフトウェアブログラム (Telnet や SSH のクライアントとして動作する。) を開発すればよい。そして、これを顧客台帳データベースと接続して動かせば、24 時間 365 日動作する正確な Config 自動投入マシンが実現できる。この自動投入の仕組みを、複数のメーカーのルータに対応できるようにその差異を抽象化して吸収し、フレッツ網のサービスに応じて、プログラムで実装したことが、フレッツ網の強さの根源である。今やこのようなネットワーク機器の制御は当たり前であり、大手クラウド事業者 (AWS 等) はこの仕組みを内部的に実装し、さまざまな機器を制御している。

しかし、AWS 等が生まれるよりも、遙か前に、2000 年ごろに、すでにこの自動投入プログラムのアイデアを発案し、実装していたのが、NTT 東日本である。このプログラムや自動投入のロジック等のルールの設計・実装は、NTT 東日本社員の**熊倉健司氏**が積極的に関わっていた。初期は、社内で試作をし、フレッツ ADSL や B フレッツ用の完成版は協力会社に開発してもらったようである。

B フレッツ用のこのプログラムは、ある電話局で物理的に所在する汎用のサーバー PC で稼働し、フレッツ ADSL の終焉まで、長年 (20 年以上) 無事に動作し続けたようである。今でも長年の運用の苦行の結果のバックアップ・テープの山

が存在する。NGN 用には、プログラムが新調された。これらのプログラムの詳しい動作原理については、続編で述べる予定である。

収容ルータにシリアルケーブルで Config を挿入する社員の写真 (模擬)
しかし、装置は膨大に存在する (全国に数千台) ので、この方法ではきりがない

そこで、全国の大量の収容ルータに Config を自動投入する
ソフトウェアが動作するサーバーが登場

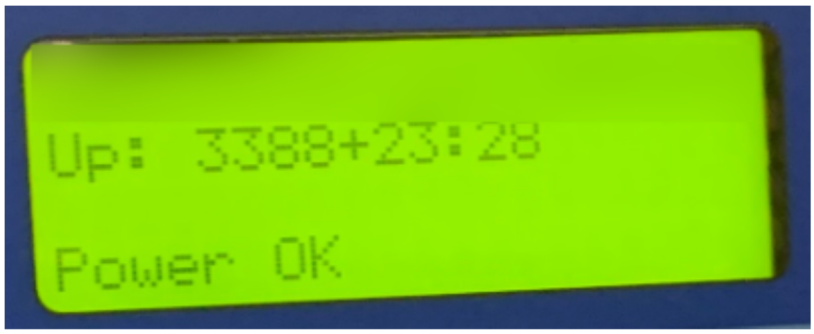
(14) 県中継ルータ（AER)、広域中継ルータ（BCR)、東日本全域最上流中継ルータ（SBCR)、IPoE 東日本全域最上流ルータ（GWR)

フレッツ網において、特に高度・複雑な点は、上記の各装置群であるが、大容量を扱うという点では、県中継ルータ (AER: Area Edge Router)、広域中継ルータ (BCR: Backbone Core Router)、東日本全域最上流中継ルータ (SBCR: Super Backbone Core Router)、IPoE 東日本全域最上流ルータ (GWR: Gateway Router) が、世界一の通信量を処理している。

特に、GWR は、ある特定のスペシャル電話局に存在するが、この GWR は、全世界の中でも、この 1 ㎡の物理的空間に流れるデータ量と重要性が世界一であるといえる。

ちなみに、図では GWR は 1 台しか描かれていない (実際には予備がある。) が、最近は、地域ごとに分散 GWR が設置されているので、一部の通信は地域の ISP に直接接続されている。

14 年間現役で動き続けた「B フレッツ」時代の県代表中継ルータ群



B フレッツの中継ルータは極めて長期間安定して動作してきた。
ある時 Uptime 表示を見たら、「3,388 日 23 時間 28 秒」となっていた

IPoE 東日本全域最上流ルータ (GWR) の実物 (西暦 2020 年 11 月当時) と、
その前で読書をし、アヒル等をマグネットで取り付けていたずらをする著者。
(GWR 特集のテレビ取材の際の写真)

(15) 非民主的な NGN 網内 DNS サーバー群

図にあるように、「非民主的な NGN 網内 DNS サーバー」というべき DNS サーバー群が存在する。

これは、NGN の閉域 IPv6 ネットワーク上で安定した任意の拠点間通信を行なうために必須の DDNS (Dynamic DNS) サーバーを当然のごとく設置しようとする外部のフレッツ網愛好家技術者 (著者) が、その DDNS へのドメイン名前解決の転送のために、フォワーダと呼ばれる処理を 1 行程度追記してもらう必要があるときに、非民主的なプロセスによってその設定が妨げられたり、不安定な状態になった経験を有する、けしからん DNS サーバーであり、フレッツ網の今後のセキュアな閉域網としての利用の成否を決定する鍵である[①]。

(16) 100G-PTS 全国広域光伝送装置

図について、主要な点を述べたが、他にも、この図には表現されていない素晴らしい装置群が存在する。たとえば、100G-PTS と呼ばれる全国広域光伝送装置がある[②③]。図では「中継光」、「県間光」と記載しているが、これは、実は 100G-PTS でカプセル化されている。屋外の部分だけをみると、長距離の光ファイバで構成されている。しかし、光ファイバをそのままルータに接続するよりも、全国広域光伝送装置を介して接続したほうが、光ファイバの本数を節約できる。そこで、実際には、100G-PTS で多重化されており、数 Tbps もの通信を、遠方から飛ばしてくることができる。100G-PTS には、WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 技術や、光アンプ技術、光スイッチ技術、ソフトウェア群といった、複雑・高度な技術が利用されている。

(17) その他

上記では、ひかり電話に関する記述は省略している。実際には、上記で述べたインターネット接続機能よりもさらに奥が深い、ひかり電話 (IP 電話システム) と、従来のアナログ電話との相互運用のための接続の仕組みが存在する。

その他にも、フレッツ網の面白い点をすべて書き切ることはできなかった。続編

---

① https://i.open.ad.jp/news-160614/
② https://journal.ntt.co.jp/backnumber2/1410/files/jn201410054.pdf
③ https://www.rd.ntt/environment/pdf/rep2016_06.pdf

で個別的に述べる予定である。

👉 大切なお客様を取り扱うことを、「収容」と書くのは、電話会社くらいのものである。「歓迎」に改めるべきである

上記で、「フレッツ収容ルータ」という言葉が出てきた。「収容」というのは、通信業界によく見られる用語である。ユーザー (お客様) を、電話局のルータの 1 つの領域に「収容する」 (閉じ込めておく) という意味である。「収容」という言葉は、収容所とか刑務所とかのようなイメージを生じさせる。あたかもユーザーを被収容者のようにみなしている。ただ、これは半分正しい。ユーザー機器は暴れる可能性があり (ユーザーの PC の機器が故障しておかしな通信をしようとしたりする)、その場合に備えて、各ユーザーをあたかも独房のような論理的な頑丈な領域中に封じ込めておく必要が生じる。

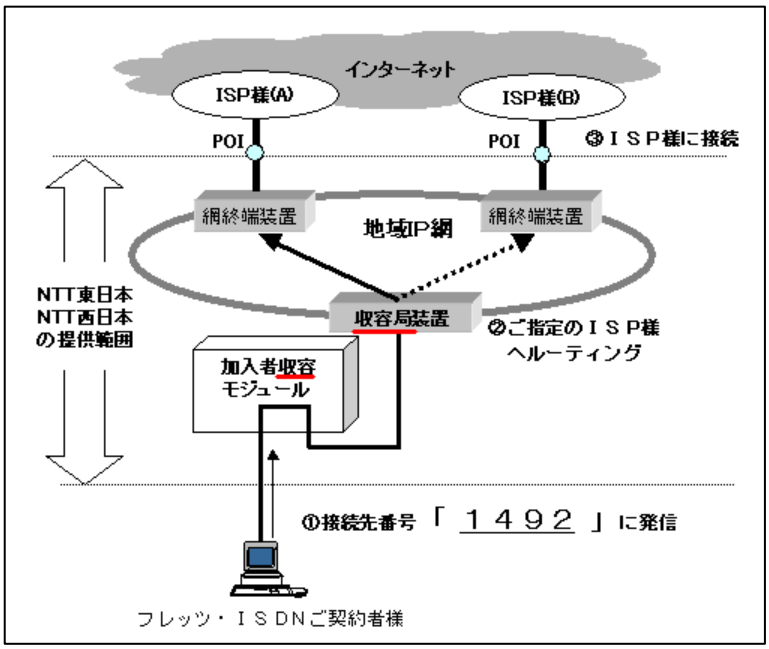
ところで、本文書で後に述べるルータのユーザーごとの IPv6 アドレスの「収容表」というものを、比喩的にいうと、全国に複数の刑務所があり、多数の被収容者が主要されているとき、どの被収容者がいずれの刑務所に収容されているかを管理する巨大な収容表が存在し、国家権力は、必要に応じて、その表を検索して、どの被収容者がどの刑務所にいるのかはたくすることができる、というものに似ている。そして、被収容者が刑務所間を移送されたならば、この表は国家権力によって忘れずに更新されなければならない。ちなみに、本当にこのようなシステムは実在する。「矯正総合情報通信ネットワークシステム」という、法務省が運用する WAN ベースのデータベースシステムである。これには、5 万人くらいの被収容者が表になっており、Microsoft SQL Server データベースのテーブル上の行として管理されているようである[①②]。おそらく、そこには、SQL データベーステーブルがあり、懲役〇年とかの収容年数が被収容者ごとに 1 行ずつ書かれていて、忘れてしまって永久に釈放されない事態が発生しないようになっているのであろう。

このように、日本語の「収容」というと、犯罪人や敵国人を「ここに入れておけ」というような、かなり暗いイメージがあり、ユーザーを尊重していないように感じ

① https://www.soumu.go.jp/main_content/000471660.pdf
② https://www.moj.go.jp/content/000002465.pdf

られる。「収容」の辞書上の意味は、『人や物などを受け入れて、めんどうを見たり管理したりすること。狭義では、被疑者などを一定の施設に強制的に入れることを指す。』 (三省堂国語辞書第 5 版)、例文としては『アゼフは拘引 (コウイン) せられ牢に収容せられた。 (学研国語大辞典) 』とあり、現代日本語では、この暗い狭義的意味のほうがかなり強い。

お客様に対して、「収容」という言葉を堂々と使っているのは、電話会社くらいのものである。少し思い出してほしい。NTT 東日本の社員が、家族旅行等で、旅館や料亭を予約するとしよう。旅館や料亭の玄関や予約室に、「歓迎 ○○ 様」とか書かれた看板が、用意される。決して、間違っても、「収容 ○○ 様」などと書かないではないか。そう書くと、直ちに、怒って帰ってしまうであろう。航空会社が旅客を座席に「収容」するとは言わない。NTT 東日本の社員が、家族旅行とかで、航空券に「収容席 26 番 A 列」とか書いてあると、もう怒ってしまって、飛行機はやめて、代わりに、JR を使うであろう。「収容」とは、バックヤードで、お客様にばれないように、こそこそと使う用語である。ところが、NTT 東日本等の電話会社だけは、なんと、新サービスを開始すると、堂々と顧客を「収容」する、と顧客向けのプレス・リリースに書くのである。独占商売だから、そういうことをやってよいと思ってきたのである。



われわれは、電話会社において、今後は、大切なお客様を尊重するため、「収容」と書くのをやめて、別のもう少し明るい日本語を使うべきである。前記の例をみる

と、「収容」ではなく、「歓迎」等がよいのではないか。この場合、フレッツの電話局のルータは、「収容ルータ」などではなく、「歓迎ルータ」とか「歓迎所」となる。ユーザーを、~~収容~~ 歓迎するための IPv6 アドレスのことを、「収容アドレス」ではなく「歓迎アドレス」と呼ぶのである。

地域電話局のことを、「収容ビル」と呼ぶことも、やめにしたほうが良い。地元の警察官の方々などは、収容ビルと聞いても、事情がわからないから、あのビルの周辺を巡回して警戒して歩くのだが、ビルにはシャッターが閉じてあり、誰も出入りせず、一方で熱排気の巨大で権力的な不気味なファンと、独特のあのにおいがあるビルについて、大いに不思議に思って、ゴースト・タウンの不気味ビルだと考えているようである。これも、「歓迎ビル」とかに改めるべきである。

このように主張すると、あくまでフレッツ回線に収容するのはユーザーの PC 等の「物」であるから、収容と書いても構わないのではないかという反論が出てくる。確かに、倉庫やコンテナルームであれば、それでも良いかも知れない。しかし、インターネット回線においては、PC 等は単に人間の意思を、通信回線を通じて入力する媒体に過ぎず、そこで流れるのは、人間の精神性をそのまま反映した人間によるコミュニケーションである。回線が取り扱っているのは、その生きた人間の通信内容であり、決して物ではない。よって、収容という言葉は、やはり不適切である。

NTT 東日本は、相互接続の際の他事業者に対しても、「収容」と平気で書くのである。相互接続なのだから、対等なネットワーク同士が相手方を尊重して互いに手を取り合って尊重し合うべきであるのに、NTT 東日本は、自分のほうが強大で偉いと思っているから、「この他事業者を、NTT 東日本つくばビル光ファイバ AB (方向コード F) -1234 芯線 にでも収容しておけ。」という具合に考えているのである。まるで、他事業者を犯罪者・敵国人扱いである。これも、良くない。これも、これからは、「歓迎」に改めるべきである。「この他事業者を、NTT 東日本つくばビル光ファイバ AB (方向コード F) -1234 芯線 で歓迎せよ。」という具合である。

とにかく NTT 東日本や通信業界には、時代錯誤の、電電公社的、殿様商売的、強権的用語が色々残っているのだから、これから少しずつ面白い明るい用語に入れ換えていくと、精神構造も明るくなり、内外的に良い効果が発揮されることは、間違いがないことである。

しかし、本日時点では、これは、今のところ「歓迎」では、業界で意味が通じな

い。また、技術者同士でユーザーをどのように取り扱うかを議論する際の技術用語として「収容」と呼ぶのは、差し支え無いようにも思われる。問題なのは、それを取引相手 (お客様、他事業者) に対して堂々と使うことであって、内部的利用は良い。そのため、ひとまず本文書では、引き続き「収容」と呼んでおくことにするのである。

第 2 節　NTT 東日本と他社との相互接続点（POI）と電話局利用権 ― われわれの先人たちが確立した権利

1　第一種指定電気通信設備 ― 血の滲む努力により確立された概念

(1) 西暦 2000 年頃までに革新的通信サービス開発のための NTT 東日本に対する法的権利が確立された

ここまでで、 NTT 東日本の有する製品としてのフレッツ網の内部動作原理や、ネットワーク構造を述べた。フレッツ光は、かなり素晴らしい技術である。コンピュータ技術とネットワーク技術の融合である。

フレッツ光をみれば、誰でも、フレッツ光を見倣って、同じようなものを作ってみたいとか、フレッツ光よりも優れたものを自ら設計して構築・運用してみたい、という意欲が生じる。そのような新規性のある技術革新を生み出すことと、それを生み出すために必要な手法を皆で考えて共有するのが、大学の重要な役割である。

実は、大変面白いことに、すでに、われわれは、誰でも新しい通信サービスを開発・構築・運営するために、先に述べたフレッツ光を構成する部品である、NTT 東日本の所有する加入光ファイバ、中継光ファイバ、電話局の床スペース等を 1 本、1 ㎡単位で活用して、フレッツ網に接続したり、それだけでなく、フレッツ網とは完全に別なネットワークを自由に作ったりすることができるという点である。

そして、さらに重大な点は、先人たちが NTT 東日本という強大な権力と闘いながら、必死で獲得してきた努力により、今や、上記の権利は法律によって強力に保障されている状態となったという点にある。相互接続権は、決して、NTT 東日本による恩恵として、一方的に与えられるものではないのである。

(2) 具体的に確立された NTT 東日本に対する権利の説明

この通信の発展において必須の憲法ともいうべき権利保障の、日本における制度的実装を、「相互接続制度」、および、法律 (電気通信事業法) に基づく「第一種指定電気通信設備制度」という。先人たちが勝ち取った、具体的権利の内容は、次のようなものである。

(1) **NTT 東日本のフレッツ網等に相互接続を請求する権利**

すべての人 (※) は、NTT 東日本のフレッツ網に接続し、ISP 事業を行ない、フレッツ網のユーザー (第三者) に対して通信サービスを提供してよろしい。そのために、NTT 東日本に、相互接続を請求することができる。その際の接続点 (POI) は、明確に定義される。

(2) **NTT 東日本に通信リソースのアンバンドル接続を請求する権利**

すべての人は、NTT 東日本のフレッツ網を形作っているより基礎的な物理的部品である、「加入光ファイバ」、「中継光ファイバ」等に空きがあれば、加入光ファイバについては 1 本単位で、中継光ファイバについては 1m 単価で、これを利用し、新しい通信サービスを作って、第三者に提供してよろしい。そのために、NTT 東日本に、相互接続を請求することができる。その際の接続点 (POI) も、明確に定義される。

(3) **NTT 東日本に局舎等の貸し出しを請求する権利**

すべての人は、(1) または (2) を実施するために必要な範囲において、物理的に空きがある範囲で、NTT 東日本の所有する電話局のフロアの床面積を、1 ㎡単位 (より正確には、さらに細かい面積単位) で占有し、自らラックを建てて、機材を置いてよろしい。そのためのリソースの貸し出しを、NTT 東日本に請求することができる。NTT 東日本の電話局のフロア地図上に、明確に線を引き、その中をあたかも借地人のように占有できるのである。

(4) **上記すべての価格が原価ベースの公平・妥当であることの制度的保障**

上記の各リソースの費用は、原価をベースとした客観的に公平・妥当な単価で、1 要素あたり個別に算出されるので、その金額を支払えばよろしい。単価は NTT 東日本が決めてよいが、その単価が客観的に公平・妥当な単価であるかどうかは、単価変更の際において、総務大臣の認可を要する制度により、これを保障する。

上記で、「すべての人」と書いたが、正確には、総務大臣に電気通信事業法上の届出または登録を行なった電気通信事業者に限られる。しかし、電気通信事業者の届出は、他人に通信サービスを提供しようとする者であれば、誰でも行える。個人でも、法人でも、官公庁でも行える。後で詳しく述べるが、たとえば奈良県庁、国立大学法人京都大学、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 等も、総務大臣に電気通信事業者の届出をして、届出番号を保有している。学生も、届出を行える (電気通信事業を行なう意思が全くないのに、みだりに届出してはならないことは、もちろんである。)。

(3) 第一種指定電気通信設備の定義

前記で出てきた、フレッツ網のルータ群や、そのフレッツ網を構成している光ファイバ 1 本 1 本を、「第一種指定電気通信設備」と呼ぶ。

前記の権利が認められた理由と背景は、次のとおりである。

(1) 固定通信は、加入光ファイバ等の地域回線を経由しなければ利用者同士の通信が成り立たないネットワーク構造となっている。

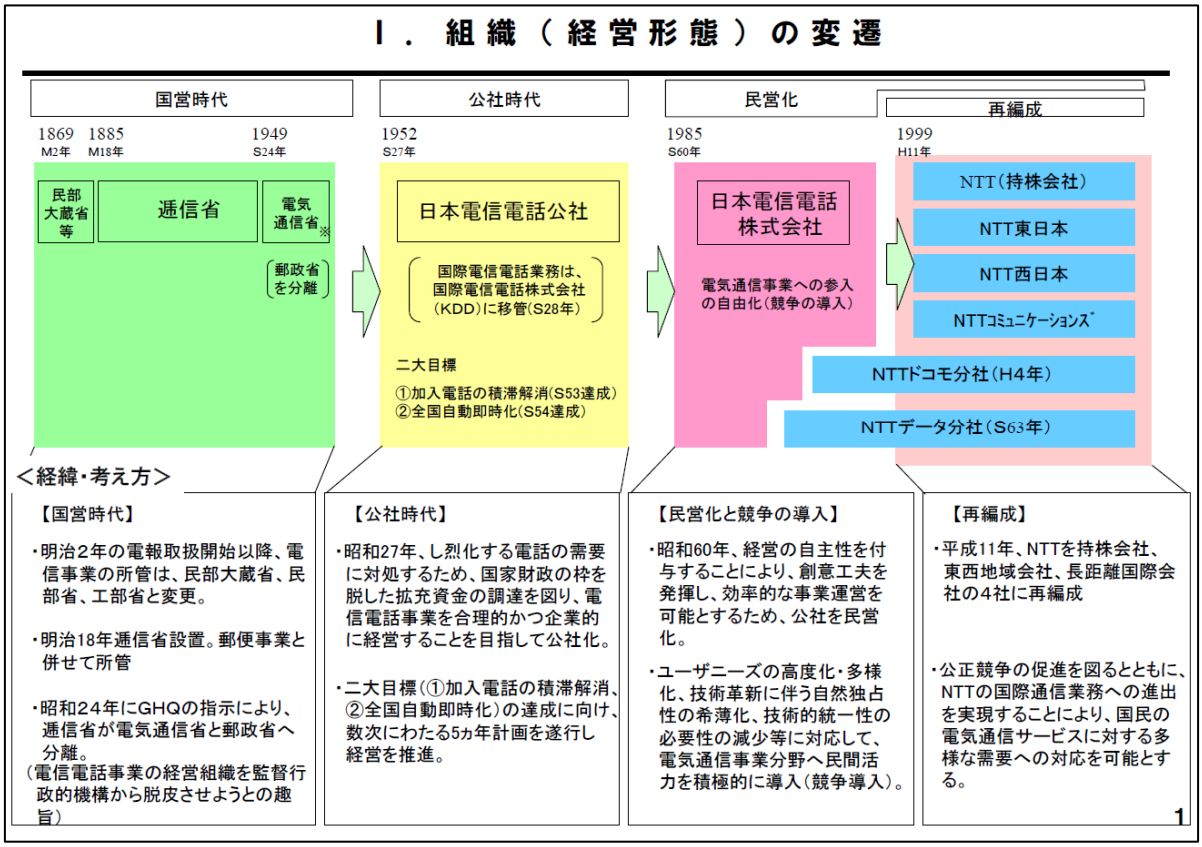
(2) NTT 東日本および NTT 西日本は、加入光ファイバ等の地域回線において、極めて高い独占的シェアを有しているので、これらの光ファイバ等を接続して利用しようとする他の事業者は、これを利用せざるを得ない。

(3) しかし、他事業者が (2) の接続の契約を締結するに際して、NTT 東日本および NTT 西日本が自由に条件を設定できてしまう契約自由の原則に任せると、当該設備との接続に関する接続料及び接続条件の公平性・透明性や、接続の迅速性が確保できず、新たな通信サービス等の技術革新が発生しなくなる。

(4) そこで、他の事業者の事業展開上不可欠な設備 (加入光ファイバ回線等) を「第一種指定電気通信設備」として総務大臣が指定し、当該設備を設置する事業者に対し、当該設備との接続に関する接続料及び接続条件の公平

性・透明性や、接続の迅速性を確保するための規律を課すことにした。

私見としては、これらの第一種指定電気通信設備や、それを構築するために必要な大量の資源 (電話局、土地、マンホール等) は、NTT 東日本 (分割前の NTT) が民営化する (1985 年) 前の日本電信電話公社から承継[①] (下図) されたもの (さらにその前 (1949 年) の電気通信省、さらに以前 (1943 年) の逓信省のからの承継も含む。) であり、国民の共同財産である、という理由が、付加的に存在すると思われる。



第一種指定電気通信設備は、総務大臣が告示で指定する。ところがなんと、何が指定されているのかの肝心の一覧表が、総務省の Web サイト等に見あたらない。告示で時々指定が増えるが、その増分・差分の告示しかないのである。ひとまず著者が 2010 年頃に手に入れた指定表の URL (平成二十二年一月八日総務省告示

① https://www.yuseimineika.go.jp/yuushiki/dai3/3siryou.pdf

第三号) を掲載しておく[①]。主要な点は現代と同じであると思われる。それ以降の細かい差分については、総務省の Web サイトから埋める必要がある。

(4) 相互接続制度は、NTT 東日本にも他事業者にも大いなる利益をもたらし、全員が繁栄し、現代日本の IT インフラと技術基礎が形成された

第一種指定電気通信設備に係る相互接続制度は、西暦 2000 年代以前に前述のとおり先人達の血の滲む努力によって獲得された権利であり、この権利が、さまざま通信事業者によって、正しく行使された結果、西暦 2000 年代に日本の情報通信インフラ能力と技術力は世界一に成長した。そして、大変良いことには、NTT 東日本も、フレッツ・サービスが大繁盛し、大いに利益を受けた。

すなわち、これらの権利は、インターネットの発展に際して、NTT 東日本と他の通信事業者の両方を大いに利する方向で作用したのである。全員が利益を受けた。インターネット発展期における主要なプレイヤーは産業界 (NTT 東日本と、それ以外の通信事業者界) であったが、それらのプレイヤーはかなり高度な学問的・技術革新的思想に基づいて活動を行なっていた。大学よりもむしろ学問的で言論の自由に満ちあふれていた。それらの人々の真剣な活動が、西暦 2020 年代にわれわれ全員が利益を受けているこの豊かな日本国の社会インフラの基礎となってきた。

ところが、通信事業者界の世代交代が進み、前記の重要な権利やこれの適切な活用方法、すなわちどのようにすれば社会全体に利益がある技術革新を引き起こし、それが全世界に普及できる新たな技術製品となるのであるか、という戦略的思想を有する日本人の数が、2000 年代と比較して激減し、ほぼゼロになってしまったのである。

ということは、今からこの部分を掘り起こして再度日本の情報通信の革新性を復活させることに寄与する程度の能力を入手した若手人材は、極めて希少な価値・影響力を有することになり、高い価値を有するということになる。誰も目を向けてい

① https://lts.dn.ipantt.net/d/230210_003_41610/denki.pdf

ない電話局の最深部と、総務省の文書群にこそ、日本の今後を左右する今後大きな宝物が眠っているのである。

2　相互接続点（POI）入門

(1)　強権的・非民主的な閉鎖ネットワークと、オープンなインターネットとの接続国境

フレッツ網は、上記のとおり、全国の電話局（NTT 東日本エリアで約 3,000 棟）から各市街区域につながっている加入光ファイバ、電話局間を接続する大量の中継光ファイバ、電話局に設置されている大量の装置群によって構成されている。

フレッツ網というのは NTT 東日本が強権的・集中的・非民主的に管理する電話会社的閉鎖ネットワークであるが、その閉鎖的ネットワークそのものは、インターネットへのアクセスを提供するための中継路であり、インターネットそのものではない。

インターネットは、電話会社の思想となかなか相容れない自由民主主義的・自律的分散的ネットワークである。そこで、ユーザーは、先に述べた PPPoE や IPoE という仕組みを用いて、この強権的な閉鎖ネットワークを勢いよく通り抜け（NTT 東日本に、お金を払うと、通してもらえる。月額数千円である。これが、フレッツ光の月額料金である。）、ついには、国境線である、ISP との接続境界に到達するのである。

先の図に書いた境界線が、強権主義と、自由主義との間の、緊張に満ちた、いつ軍事衝突が発生してもおかしくない国境線である。実際に、様々な軍事衝突のような出来事が、この国境線では頻繁に発生する。

POI（Point Of Interface）は、非武装地帯（DMZ: DeMilitarized Zone）のサイバー空間バージョンである

北朝鮮と韓国との国境のような緊張関係にある二者間の国境部分は、非武装地帯（DMZ: DeMilitarized Zone）と呼ばれ、なかなかの雰囲気である。強権的な NTT 東日本と、自由主義的な ISP 等との間の国境線も、このような緊迫感に満ちた雰囲気になっている。そこで、DMZ と同じように 3 文字の英単語で物々しく表現

している。これは、「POI」 (Point Of Interface) と呼ばれる。日本語では、「相互接続点」とも呼ばれる。発音は、「ポイ」で良い。物を投げるときの、「ポイ」という感じのイメージを抱きながら発言すると、玄人相手にも確実に伝わる。

通信事業者の間の雑談で、「昨日、○○の POI で NTT 東日本と接続した。」という会話があるとすると、これは、「昨日ソ連国境の ○○ という街に行って、ソ連側に、外交小包文書 (パケット) を受け渡ししてきた。緊張に満ちていて大変だったが、面白さもあった。」というように、重大な公益的責任を担いつつ POI に出向いて大変な仕事をしてきたのだというような、誇り高き外交官吏的な業務の成功を語り合っているということになる。

そこで、面白いヒントを 1 つ提供する。ISP やケーブルテレビ事業者の方々と、将来、ビジネス上の会話するときは、「POI の話を色々と議論・情報交換したい。」と言ってみるとよい。各社の一般的な営業や技術の社員には、何のことやら分からないから、各社の中核的技術者や NTT 東日本との折衝担当者などが後日奥の方から出てくることは間違いない。POI の取扱いや関連するすべての技術的および事業的事項について、広範囲かつ深く理解している人材は、昔の硬派な ISP と比較して、この 20 年くらいで、もう非常に少なくなってしまった。ケーブルテレビ会社、ISP 会社等が統廃合されて、合併していく軟派な現象がみられるが、これは実は、この POI に代表されるような、公共通信の根幹部分を理解している硬派人材が、各社の中から、昔は 1、2 名存在していたのが、リタイアしていって、ついには 0 名になってしまうという現象によって発生している。

POI を語ることができ、実際に POI に出向いてあの緊張関係にあったソ連のような NTT 東日本と接続するということは、通信の極めて基本的部分、われわれコンピュータ分野でいうと、初めてあの硬派なコンピュータと接触をするという、例えば「C 言語で "Hello, World" を書く。」というような部分に相当する ("Hello, World" ではなく、"Hello, NTT-East" である。)。少しやってみれば、まあまあ簡単なことなのだが、C 言語のコンパイラを揃えるとか、#include <stdio.h> というような謎の呪文を覚えるとかいうような前置部分の通過が必要なのである。日本の情報通信産業における技術革新の速度の加速・減速は、POI を深く理解する高

度人材の増加・減少と、明らかに、相関関係にあると思う。

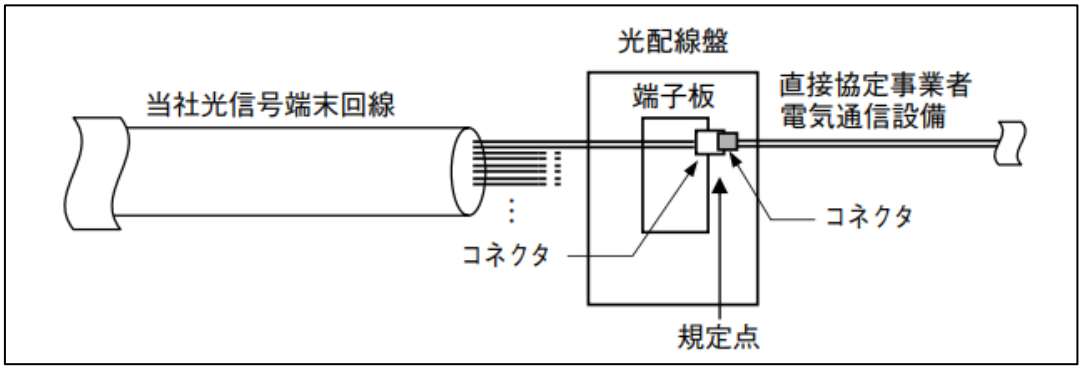
さて、この POI は、緊張に満ちた二国間の国境線であるが、線であるといっても、それを拡大していくと、論理的には明確な線があるわけではない。しかし、物理的には、かなり厳密・極端に、線が引いてある。国境を定める際の法的な文書 (相互接続協定書という。ソ連と周辺国の自由諸国との間で国交を締結するのと同様に、NTT 東日本とそれ以外の事業者 (ISP 等) との間で、相互接続協定が締結される。その相互接続協定は、「接続約款」に基づく。「接続約款」とは、NTT 東日本が提案をして、これを総務大臣が法律 (電気通信事業法) に基づいて認可する、通信業界においては法律に準ずる極めて重みのある素晴らしい文書群である。

われわれは、電気通信事業者になれば、加入光ファイバ (1 本月額 3,000 円程度)、中継光ファイバ (1km あたり月額 1,000 円 ～ 2,000 円程度)、電話局の床スペース等 (1 ㎡あたり月額数千円 ～ 数万円程度) を、1 本、1 ㎡単位で活用して、フレッツ網に接続したり、フレッツ網とは完全に別なネットワークを自由に作ることができ、その権利は法律によって、原則、保障されている。これらの単価は、原価ベースで総務大臣に認可されている。すなわち、われわれの主権者たちが決めた公定価格であり、公平・公正な価格である (計算が誤っていない限りである。なお、計算は、不正がないよう、公認会計士が毎年確認する。)。このような条件を規定するのが、接続約款である。

接続約款の約款の用語の定義や接続条件に基づいて、接続点は、物理的に決められる。コンピュータ・ネットワークというのは、相当に論理的・仮想的な存在であるが、これを無理に物理的な接続点として境界線を決めるので、色々おかしな具合になっている。物理上・名目上の国境線は、たとえば、「フレッツ PPPoE 方式の網終端装置 (NTE) における他事業者側ポートにおける NTT 東日本側が提供する光ファイバコネクタ (シングルモード SC メス端子) 」等という具合に決められる。これをより拡大分析すれば、光ファイバの端点の SC コネクタの中で、光ファイバの水平に研磨された端面同士が双方から密接かつ正確に押し当てられ (ジルコニア合金と、プラスチックやバネの力で、1 μm 単位 (0.001 ミリメートル単位) で、誠に精密に押し当てられるのである。)、常時近接した状態になり、一

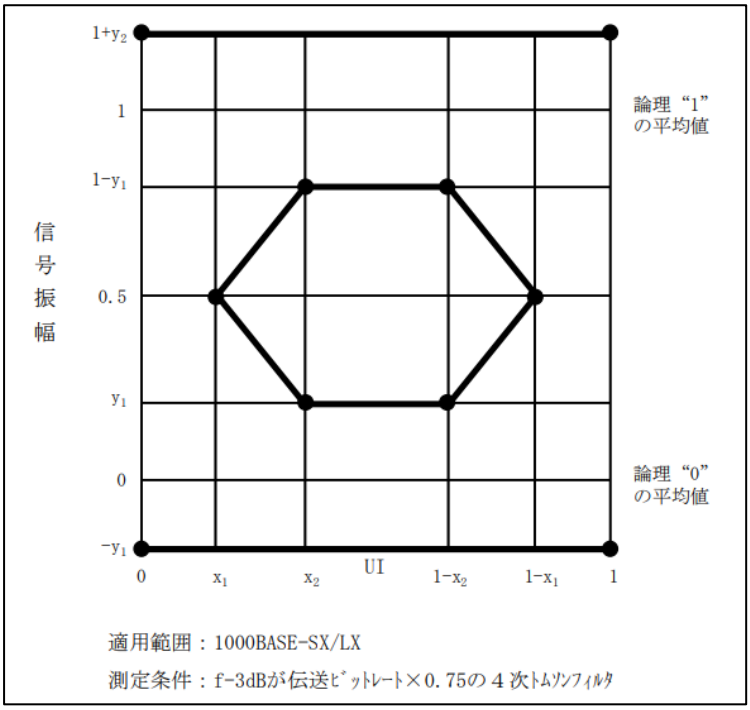
方から飛んでくる光子または光の波 (このように書かなければ、量子物理学の人に怒られる。) がその端面から飛び出してもう一方の光ファイバの端面から進入するという具合になる。

突き詰めて考えると、物理的には、端面が国境線であることになる。たとえば、加入光ファイバの相互接続点は、下図のように定められている[①]。



相互接続約款の規定は、物理的な側面にかなり偏重している。たとえば、ある接続点において流れるべき光の信号は 1000BASE-SX だとあり、1000BASE-SX の光パルス (信号) のアナログ的な強弱について、大真面目に、何ページも費やして書いてある[②]。たとえば、下図のようなものである。

① https://www.ntt-east.co.jp/info-st/constip/cons1/pdf/gijutsu/betsu25-1.pdf
② https://www.ntt-east.co.jp/info-st/constip/cons1/pdf/gijutsu/betsu25-4.pdf



これをみて、NTT 東日本にはじめて接触しようとする初心者たちは、大いに面食らい、これは難しそうだぞという気分になり、もう諦めてしまうのである。この色々な難しそうな物理的特性は、相互接続の本質的要素ではなく、単に 1000BASE-SX とかの企画書をコピーしてきただけであるが、NTT 東日本を入門しようとする初心者は、それを見抜くことができない。

このように、相互接続約款の規程集は、初学者がなかなかこの領域に参入することができないように、精巧に作られているのである。論理的論理的な接続は、物理的な光ファイバやコネクタ等とはあまり関係なく、通信の論理的な側面 (通信を擬人化するとすれば、精神的な側面) において、そのレイヤごとに異なった多数の論理的空間上の多数の箇所で行なわれる。したがって、通信プロトコルやそこを流れるデータ、制御構造を知っていけば、われわれは、NTT 東日本と極めて密接に接合することができるのである。

このようなソフトウェア面における相互接続の規定は、一応文書上はその表面的要素が並べられているが (例えば、RADIUS の通信シーケンス図。)、それは本質的知識ではない。本質的知識は、暗黙知的に、前述の POI を知る各社の人材によって保持されてきた。これの方々の知見が十分に承継されず、また、文書化されないまま、どんどんリタイアされてしまった。これは各社の側もそうであるし、NTT

東日本の内部でも、同様の現象が発生しているのである。

この現在の人材リタイアの状態は、かなり危機的状況である。20 年前のような、NTT 東日本と他事業者との緊張対立関係は、徐々に緩和されていき、対立関係ではなく、協業的関係によって移行することが望ましいし、まさにそのようになっている。NTT 東日本との相互接続ではなく、NTT 東日本とのコラボレーションという手法が主流になりつつある。ところが、コラボレーションでは、POI のあの特有のきなくさい物騒な緊張イメージにまつわって自然発生する、極めて高度な制度的議論、技術的対話といった、文系的知識と理系的知識の融合領域が、POI と同等に十分な水準で発生することがなくなってしまう。相互接続の本質は、緊張関係であり、コラボレーションとは異なる。

通信業界の発展の面で考えると、POI の隠された価値というのは、次の点にある。実は、POI というものは、その本質である対立緊張関係によって生ずる一種の享楽的要素も伴った、通信に関する能力のレベルをより一層引き上げる意欲を自然発生させ、さらなる勉強・研鑽をしようという、NTT 東日本側とそれぞれの他事業者側の経営者・社員たちの真剣な頭脳の駆使をトリガーする重要な触媒であったのである。このように考えると、POI における、あの西暦 2000 年代の、皆が豊かになるという熱力に富んだ状態を、もう一度復活させる必要があるということになる。そのためには、POI の有する享楽的要素を少しは体感する若手人材が増えることが有益である。若手人材の側も、前述のように、POI の本質を知る人が重要な日本企業の中にも稀になってしまったという背景があるので、西暦 2000 年代と比較して勉強するのがかなり大変である一方で、先人たちとは異なる発想で、一から POI の魅力を知り、これを深め、ついには、自ら日本の POI を牽引していく主要な立場に立つことができるという、市場価値競争上の大いなる利点が存在する。

皆がビッグ・データ、AI、クラウド利用というような安易な面に突き進む間に、少数の賢い人材は、大学にこもり、総務省の Web サイトの書類の山にこもり、初台にこもり、電話局にこもり、ついには、あの西暦 2000 年代の議論の深く長い歴史を発掘し、NTT 東日本の POI に光を照らしてこれを復古しつつ、POI に関

連する新たな試行錯誤を経て革新的技術を発案し、やがて、そのような人材たちは、日本の情報通信業界を世界に対する一大産業に仕立て上げるという大いなる事業に取りかかることになる。

このような日本における情報通信の復活の自然の流れにおいて、そのイノベーションにおける、触媒的な必須の要素を果たすのは、NTT 東日本の、伝統的なあの誠に閉鎖的・強権的・非民主的な相互接続領域である。

NTT 東日本のあの閉鎖的な思想における POI の相互接続は、イノベーションを阻むもの、イノベーションの対極であるとして、批判されてきた。「POI のようなきなくさい国境紛争はもうやめにして、コラボレーションでいきましょう。」ということになった。ところが、POI の真価は、時間軸を引き伸ばして数十年単位で見ると、実は、イノベーションそのものを牽引する、日本における最重要の要素、決して変わることがない最も固いダイヤモンド鉱石のような要素なのであった。

POI の、失われることのない真の輝きは、単に忘れ去られて、覆い隠されていただけであった。今や西暦 2020 年代になり、再び POI に注目をする若手技術者たちが増えている。これから、若手人材は、NTT 東日本と一緒になって、この POI に関するあの懐かしい西暦 2000 年代の緊張対立関係における謎の享楽的要素を復活させて、これを味わうとともに、これにより発生する自然な技術革新により、再び日本の情報通信業界のレベルを西暦 2000 年代のあの熱気のある状態に到達・復活させ、ついにはこれを超えて、全世界に対して利用されるさまざまな競争力があるデジタル技術を生み出すに至ることになるのである。

👉 NTT 東日本の POI が立ち並ぶ一大ワンダー・ランド (革新的通信技術者にとっての夢の国) には、「情報 Web ステーション」という駅から行くことができ、「相互接続ガイドブック」というガイドブックも用意されている

相互接続と POI の入口は、NTT 東日本の、「情報 Web ステーション」[①]という、

① https://www.ntt-east.co.jp/info-st/

大変没個性的な名称の、昔は通信事業者たちの一大ワンダー・ランドであった、夢の国の玄関駅 (ステーション) にある。情報 Web ステーションに着いたら、ワンダー・ランドの中の色々な POI を巡ることになるが、広大過ぎるので、親切にも、昔の人が書いたガイドブックというのが公式に置いてある[①]。これは、その名の通り、「相互接続ガイドブック」と呼ばれている。相互接続ガイドブックには、光ファイバ等のことも書かれているが、それ以外にも、何十年前に一応あって、今はもう誰も乗らないアトラクションのことも、多数書いてある (誰も乗らないのでさび付いているが、どうしてもというなら、動かしてもらうこともできると思う。)。

相互接続ガイドブックで不明な点があれば、たいてい、初台で教えてもらうこともできる。そういう案内所がある (これは、「相互接続推進部」という。Web サイトに問合せ窓口がある。ただし、安易に問い合わせする前に、ここから先の注意事項をよく読むこと。)。

もはや NTT 東日本においても誰も知らない奥が深いアトラクション (自社に、このようなものがあったのか、と驚くことになる。) もある。これらは、来客側が主体的になって責任で発掘するしかない。

重要な注意点が 1 つ存在する。ワンダー・ランドへ行くときには、十分勉強をして、知識を高めてから、出向くべきである。少なくとも、ワンダー・ランドの職員 (NTT 東日本の社員) たちよりもある程度詳しいくらいの状態になってから行くべきである。それ以前の初心者の状態では、決して、ワンダー・ランドに近付くべきではない。これは、2 つの理由がある。

第一に、ワンダー・ランドは、一般の観光客向けの通路ではなく、その舞台裏であり、色々と危険である。この危険という意味は、さらに 2 つの意味がある。入っていく人にとっても危険だし、ランダー・ランドの側にとっても危険である。したがって、危険を確実に管理することができる人しか入ってはいけない。

第二に、ワンダー・ランドは、聖地のような大変高貴な場所であり、その聖地は、真剣な来訪者と、聖地を維持管理する職員たちの共同の作業で保持されている。興味本位の来訪者は歓迎されず、管理側だけでなく、他事業者たちのコミュニティによっても、排除されるであろう。よって、興味本位で訪れてはならない。真剣に、情報通信技術の革新を行なうためだけに、ワンダー・ランドを訪れるべきである。

---

① https://www.ntt-east.co.jp/info-st/conguide/index-e.html

すなわち、訪問者は、単に、ワンダー・ランドへ訪問するのではない。自らが、この西暦 1990 年頃に確立されたワンダー・ランドの精神を吸収し、これを今後、少なくとも数千年程度は維持できるようにするために、より良いものとして発展させ、継続性についても十分に考え、そういった意見を議論・共有して、管理側と利用側の両方が一体となり、この聖地を長年維持することができるようにするのだという、その強く固い決意をもって、訪れるべきである。このようにしてワンダー・ランドを訪れたならば、その者は、やがて、もはやワンダー・ランドと一体化し、ワンダー・ランドそのものになるであろう。

ワンダー・ランドが良い状態で維持される時間が長ければ長いほど、そこから生まれる可能性がある技術革新の数は豊富に増大する。

👉 どのようにしてワンダー・ランドの精神、知識、礼儀作法を習得するべきか

さて、前記のような真剣な注意点を理解した上で、どうしても、いよいよ、ワンダー・ランドへ行きたいと思う少数の勇敢な学生は、ワンダー・ランドへ行く前に、よく蛍雪をし、自らがワンダー・ランドの来訪者 (というよりも、住人。) に値する善良な村人になる必要がある。そのための基礎的な勉強は、どのようにすれば良いかという問題がある。昔はどの IT 会社、通信会社にも、ワンダー・ランドを熟知した人がいたものだが、最近は、前述のように、ほとんどの会社で定年等でいなくなってしまった。

ワンダー・ランドに関する大抵の情報は、「情報 Web ステーション」にあるが、細かいことが描かれていないこともある。

そこで、代わりに、すでにワンダー・ランドに「行ってきた人たち」、「長年住んでいる人たち」の旅行体験記、生活体験記のようなものや、色々な評判等の情報が存在する。これらを読むことが、極めて重要である。これらを理解せずに行くと、とんでもない目に遭う。決して勉強不足で訪れてはならない。

そういった過去のワンダー・ランドに「行ってきた人たち」、「長年住んでいる人たち」の体験記や議論の記録は、大変素晴らしいことに、全部、総務省の Web サーバーにある。総務省は、西暦 2000 年代、この NTT 東日本の一大ワンダー・ラ

ンドに行ってきた人たち、色々と面白い目に遭った人たちの、健全な交流の場であった (今でもその文化が存在する。単に、熱気が西暦 2000 年代ほどはないだけである。)。そういう勇敢な先人たちによる言論と、NTT 東日本による弁明や反論のようなものは、すべて総務省の Web サーバーにある。

たとえば、極めて物理的表面的な例であるが、次のようなものがある。あるアメリカ人が、勇敢にも日本のワンダー・ランドに行きたいということで、玄関駅「情報 Web ステーション」から、慎重に降りて、ワンダー・ランドに入場して、ワンダー・ランドをより良くしようとして、色々と誠実・真剣に活動していたようだ。しかし、このアメリカ人は、トイレがどこにあるか分からず困ったようだ。何とかトイレらしいところを見つけて利用しようとしたら、ワンダー・ランドの管理職員から、「トイレを使うな。」と言われたのであろう。20 年以上前に、ワンダー・ランドでトイレを使うことを断わられたという人の話は、よく聞くのだが、皆諦めていちいち遠い場外まで歩いてトイレに行っていた。しかし、このアメリカ人は、合理的だったので、これは是非とも改善すべきだということで、後でアメリカから、日本語で丁寧な意見書を総務省 (当時は郵政省) に送付してきた (西暦 2000 年 6 月 8 日)。このアメリカ人の英語を誰かが直訳した日本語の日米親善的文書には、大真面目に、次のように書いてある。「更に、NTT は駐車場や洗面所などの施設への立ち入り認めるよう義務付けられるべきである。」 (P.5)[①]。

このようなトイレに困ったアメリカ人の正当な要求に対して、ついに、NTT 東日本は、「なお、立会いのもとであれば、休日を含め毎日 24 時間の立入りは可能であり、洗面所の使用も差し支えないと考えます。」 (P.41) と、初めて認めたのである[②]。

いちいち、このような真面目な議論を経て、ワンダー・ランドにおいては、(立会いのもとであれば) 来客は、トイレは使って良いことが確認されたのである。これは、総務省の公文書にも記録された。こういった希少な文書群の探し方はとても簡単で、Google 検索で「site:soumu.go.jp NTT 洗面所」などと入れればよい。つま

---

① https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/japanese/telecouncil/iken/000621j603hearing/guroubaur.pdf

② https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/japanese/telecouncil/iken/000830_1hearing/touzai.ppt

り、「site:soumu.go.jp NTT ○○」という具合に、検索したいキーワードを検索すればよいのである。「site:soumu.go.jp」がポイントである。キーワードとしては、「コロケーション」とか「加入光」とか「網終端装置」などと入れればよい。先人達が、西暦 1990 年代から 西暦 2010 年代までに、どのようにして通信事業におけるワンダー・ランドの基本的人権のようなものを強権的な NTT 東日本から勝ち取っていったかが、良く分かる[①②③④]。

これらの大変希少な国境線における出来事が分散して記載されている大量の資料群は、西暦 2020 年代以降の日本における次世代の情報通信人材と、技術革新を生み出すために、極めて重要である。これらを総務省が誤って廃棄してしまうことがないように願うばかりである。

👉 ワンダー・ランドの通信事業の発展に寄与するには、電気通信事業者になり、パスポート (電気通信事業者届出番号) とビザ (相互接続協定) を得る必要がある

上記の注意点を十分良く理解し、ワンダー・ランドの重要性・価値を尊重し、いよいよ、これが生み出す日本の今後の情報通信技術の革新に参加したいと決意した場合は、手続きを要求される。パスポートとビザである。

他国に入国するには、まず、パスポートが必要であるが、パスポートに相当するものは、電気通信事業者の届出または登録である。電気通信事業者の届出の儀式は、「自らは日本の今後の情報通信技術の革新に参加する意思を有しているので、通常秘密のヴェールに包まれている POI という領域に慎重に接触するために、国境線の目前まで行ってよろしいという、特権が与えられるべき人物に値する。」、という旨の、ある種の自己宣誓書のようなものである。そうすれば、ワンダー・ランドへ

① https://lts.dn.ipantt.net/d/230210_001_12709/000558202.pdf
② https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/pressrelease/japanese/denki/001017j601_01.html
③ https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/denki_bukai/pdf/071116_2.pdf
④ https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/pressrelease/japanese/denki/000831j609.html

のパスポートを、ワンダー・ランドの守護神 (ワンダー・ランドを行政的に管轄する国の役所 = 総務省) から付与される (物理的には、ありがたい A4 の紙が 1 枚もらえる。それをもらったら、額縁に入れて、天井に飾っておくとよい。)。

ワンダー・ランドへ行くには、パスポートの次に、入国ビザが必要である。これは、「相互接続協定」と呼ばれる。ビザは、正当な目的でワンダー・ランドへ入国したい者に対しては、原則として、発行されるであろう。ただし、発行に時間がかかることがある。半年くらいかかることがあるようだが、むやみに催促することなく、礼儀を持って接するべきである。

電気通信事業者届出について述べる。電気通信事業者届出は、通常は、法人が行なうが、個人でもできる。法人でも個人でもない組合でも届出ができた前例もある (届出番号関東総合通信局 A-28-15532 等を参照)。

もちろん、行政庁や独立行政法人、国立大学法人も可能である。

たとえば、京都大学は、国立大学法人であるが、単なる通信サービスのユーザーではなく、通信サービスそのものを自ら生み出したいという宣明を行なって、電気通信事業者になった (届出番号近畿総合通信局 E-26-03769)。

行政主体も同様で、奈良県庁 (届出番号近畿総合通信局 E-26-03779)、独立行政法人国民生活センター (届出番号関東総合通信局 A-06-00841)、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) (届出番号関東総合通信局 A-03-18972)、地方公共団体情報システム機構 (J-LIS) (届出番号関東総合通信局 A-12-04100) 等が、電気通信事業者になっている[①]。

国立大学や行政主体などの情報通信技術の革新の担い手が、自ら電気通信事業者になり、単にユーザーとして電気通信サービスを外から眺めるのではなく、優秀な職員たちの手によって自ら多数の人が利用する情報通信サービスやシステムを、技術革新的に構築していこうというこの流れは、西暦 2010 年代後半から西暦 2020 年代にかけて発生し始め、今や時代の潮流となっている。

この好ましく力強い未来的な流れから、今後、大学研究者や行政職員が主体となり、民間企業や NTT 東日本等の強権的電話会社と連携や相互接続が増し、従来の純粋民間企業のみでは生み出すことができなかった領域における技術革新が次々と生じるであろう。これは、西暦 1965 年以降の米国インターネットの発祥と発展の

① https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin04_01.html

歴史 (大学人と行政機関と民間企業と通信事業者が一体となってインターネットを実現し発展させ、全世界的大規模ワンダー・ランドを実現するに至った。) という素晴らしい前例の、そのちょうど 50 年後における日本における新しいバージョンの革新の自然な発生として、ついに西暦 2020 年代になった今、確実化されるに至った、大きな歴史上の流れである。

そして、その中心的役割を果たすのは、先に述べたとおり、「POI」 (相互接続点) と呼ばれる、あの古き良き 20 世紀の香りと輝きを有する、NTT 東日本電話局の最深部に埋もれてきた、不変の、それ以上分割不可能な (これをコンピュータ・ソフトウェア的には「不可分性 = アトミック性」 という。) ダイヤモンド的鉱石 (実際には、光ファイバーの端面なので、ガラスである。) の上に発生する、決して消えることのない東側思想－自由思想間のあの懐かしい国境線における、根本的に異なる思想同士の、熱意に満ちた接触現象なのである。

第 3 節　根本的疑問 ― 電話会社と ISP（プロバイダ）は一緒で良いのではないか

(1) 新たなる疑問 ― なぜ電話会社と ISP とが別々なのか

これまでで、NTT 東日本のフレッツ網の全貌と、フレッツ網を構成する要素の内容を述べた。さらに、フレッツ網との相互接続や、光ファイバ 1 本単位で利用することができる相互接続制度やその権利について述べた。

しかし、そもそもなぜ ISP 達と NTT 東日本とは、分離されているのだろうか。次の 2 つの疑問が思い浮かぶはずである。

(1) ISP が NTT 東日本のように自ら光ファイバを引けば良いのではないか。NTT 東日本は、不要ではないのか。

(2) 逆に、NTT 東日本が、ISP も含めて全部運営してしまえばよいのではないか。

まず、最初の疑問を整理してみよう。

「フレッツ光」のような光ファイバ通信サービスを各戸に提供する NTT 東日本等の電話会社のサービスと加入契約を締結するだけでは、インターネットとの間で、通信をすることはできない。インターネットと通信するためには、さらに、少なくともいずれか 1 社の ISP (Internet Service Provider: プロバイダ) と加入契約を締結する必要がある (なお、最近は ISP が NTT 東日本の代理店となり、フレッツ光を卸購入して ISP サービスと一体として提供している例が増えてきており、この場合は、ユーザーの視点からみると、分離を意識しない場合も多い。その場合でも、依然として、フレッツ光と ISP とは、明確に分離されている。)。

さて、自宅や会社のオフィス等 (これらユーザーの建物を「宅内」と呼ぶ) を起点に考えると、

宅内 PC → 光ファイバ → 電話局 → 他の電話局 → ISP → インターネット

というような、かなり迂遠にみえる流れを経て、インターネットに接続する必要がある。これをより短縮して、

> 宅内 PC → 光ファイバ → ISP → インターネット

あるいは、

> 宅内 PC → 光ファイバ → インターネット

のように接続することはできないだろうかというのが、誰でも思い付く疑問点であろう。

そもそも、インターネットというのは、「1 つの巨大な共有ネットワーク」であると聞かされているはずである。すなわち、各コンピュータを相互に対等に接続し、あるユーザーのコンピュータと、別のユーザーのコンピュータとの間の自由な通信を実現する、巨大な LAN のようなものであろう。

そうであるとすれば、LAN のハブのような設備を 1 つどこかに置いてそこまで自宅から直接光ファイバケーブルで接続すれば、わざわざ電話会社や電話局のような存在は不要なはずである。

それなのに、現実的には、電話会社と「フレッツ光」を契約して、電話局を経由し、ISP を経由して、インターネットに接続しなければならない。そこで、なぜそのような複数の中間的媒体を経由し、中間的媒体に対して利用料を支払う必要があるのか、不必要な金銭を中間搾取されているのではないか、という疑問が生ずる。

そこで、NTT 東日本が必要とされる理由について、考えて見よう。

2 物理的要因 ― 光ファイバを引くのは、極めて大変である

(1) 一箇所の収容点に大量のユーザーからの配線をまとめることは物理的に困難であり、収容点の分散の必要性が生じる

まず、1 つの巨大な共有ネットワークを実現しようとするとき、仮に全員の合意

により、そのための共有装置を 1 つ用意したとして、全員がその共有ネットワークの収容点に対して接続するためには、多くのユーザーから張られる配線の長さが極めて長くなり、配線コストがかかり、さらに、膨大な配線が 1 箇所に集まることになり、そのような収容点にケーブルを配線して何らかのネットワークを構成することが、物理的に不可能になるためである。

この一件馬鹿げた一拠点収容型の形状のネットワークが実現できない理由を、真面目に考えることは、ネットワークに関する高度複雑な仕掛けを理解するために、非常に重要である。上記のような理想的構成が実現不可能な理由は、物理的な理由と、論理的な理由に分けることができる。まず、物理的な理由についてみてみよう。物理的な理由は、次の 4 つである。

(1) **物理空間的な困難性**

大量のユーザーの光ケーブルを、各自宅から、どこか 1 箇所に収容すると、その収容点では、大量のケーブルが集まってくる。ケーブルそのものは物理的空間を占めるので、収容率が過度になると、物理的に配線したり、コネクタを接続したりすることが不可能になる。

(2) **伝送距離上の問題**

どこか 1 箇所に大量のユーザーとの間で配線をするとき、近くなら良いが、遠距離になると、その光ファイバは、数百 km、数千 km といった具合に、とても長くなってしまう。光ファイバ上を流れる光信号は、一定距離を走ると減衰する。

光ファイバを用いて通信を行なうことができるのは、せいぜい 200km 程度である。それを超えると、光信号の増幅のための装置が必要である。駅伝で長距離を走るときはリレーが必要であるのと同じである。したがって、伝送距離上、無理がある。

(3) **配線工事・保守コスト上の問題**

仮に長い光ファイバでも敷設し、適切な間隔ごとに光信号の増幅装置を設置して通信を実現しようとすると、光ファイバの製造コスト、施工コスト、

光信号の増幅装置の調達コスト、光信号の増幅装置に対して電力を供給するコスト、光ファイバおよび増幅装置が時々壊れる際の修理を行なうコストがかかり、現実的ではない。1 ヶ月あたり 1 本数千円のコストでは実現できない。

(4) **冗長化の問題**

一箇所の収容的に全通信が集中することになる。収容点がダウンすると、全部の通信が一斉にダウンしてしまう。

上記のような理由で、大量のユーザーを 1 箇所で直接収容するということは、物理的問題により、そもそも実現できなさそうである。どこかで集約したり、分岐したりしなければならないということが、容易に理解できる。

この問題を解決するためには、収容点を複数分散して置く必要がある。すなわち、地域ごとに収容点を設け、各ユーザーは最寄りの地域の収容点までケーブルを敷設して接続することが必要になる。

(2) 公道を跨ぐ配線には、部材や工事費だけでなく、手続き上のコストが膨大にかかる

収容点を、どこか土地を用意してコンテナで建物を作り、地域ごとに (たとえば、市町村に 1 箇所ずつ) 作ったとして、そこまで各ユーザーが各戸からいよいよケーブルを敷設しようとすると、次なる問題が発生する。

各戸から収容点まで、何とかして、公道をまたがなければならない。

公道は、厄介である。行政権力が管理していて、勝手にケーブルを張ると排除される。極めて複雑な手続きで公道の上空をケーブルで占用する行政手続きも存在し、理論上は個人でも申請できるが、公益的理由に限定されるし、手続きも面倒である (したがって、公益認定を受ける認定電気通信事業者の資格を総務大臣から取得すれば、電気通信のためのケーブルを堂々と公道上に張り巡らせることができる。ケーブルテレビ会社等はこれをやっている。そのためには、電気通信主任技術者の伝送交換および線路という国家試験に合格する必要があるが、これは数日間勉

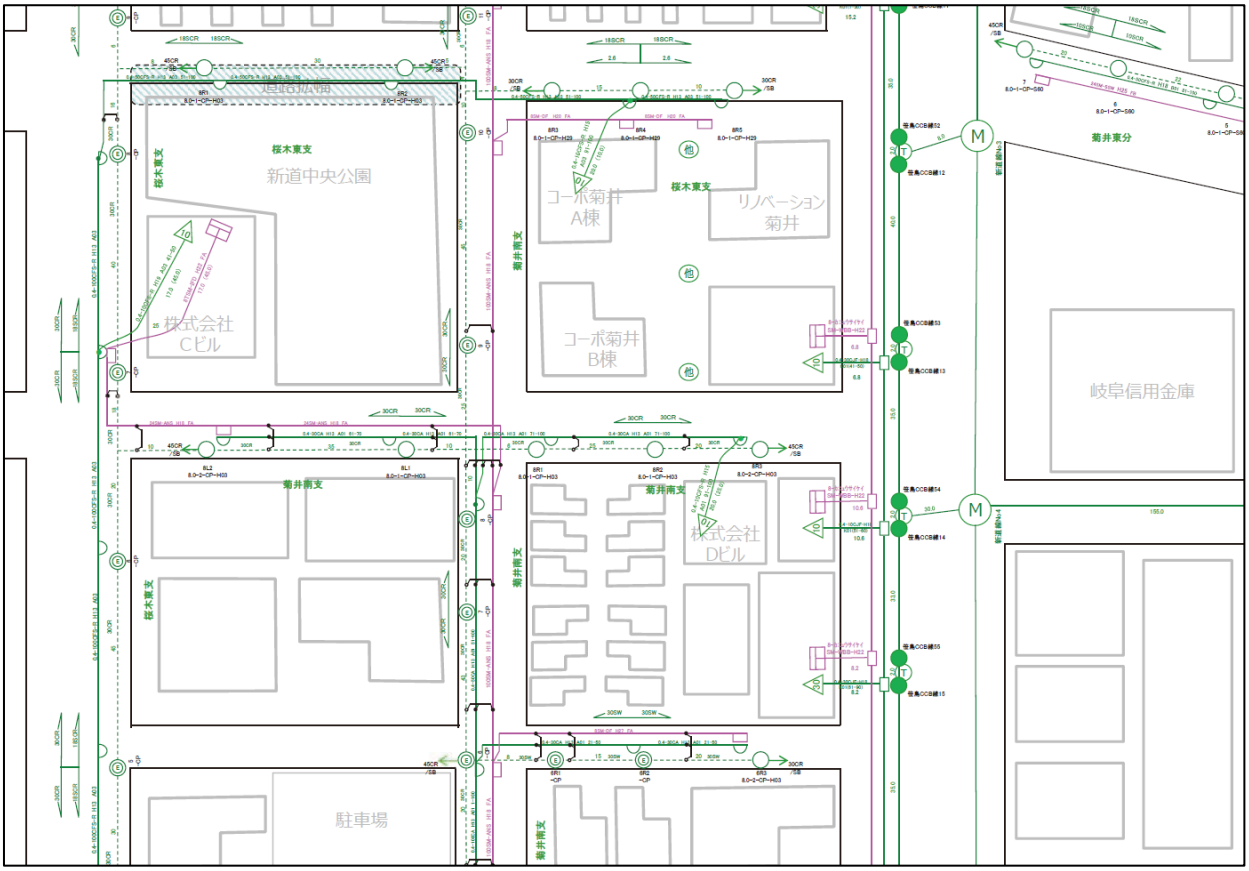
強すれば取得可能である。意欲がある学生は、やってみるとよい。)。

工事も、バケット車と呼ばれる高所作業車を用意して自ら行なわなければならない (したがって、パケット車の操縦免許を取得すれば、自ら可能である。これは 2 日間の研修と試験で取得可能である。意欲がある学生は、やってみるとよい。)。そして、ケーブルを支持するためには、電柱を自ら建てるか、すでに電柱を所有している電力会社から利用権を購入しなければならない (これは、公益認定を受ける認定電気通信事業者になれば、利用権を月額 1 本数百円で買うことができる。意欲がある学生は、やってみるとよい。)。

道路の下に鉄パイプを通して管路を作り、マンホールを工作すれば、道路の下にケーブルを引くこともできるが、これは大変な土木工事が必要で、さらにコストがかかる。また、上記の占用や工事許可の手続きにおいても、公道 1 本を通すだけでも、市道であれば市役所、県道であれば県庁、国道であれば国土交通省の地方事務所等の許可が必要で、複数の道路にまたがる場合は、それぞれの許可が必要である。使用料金もそれぞれの役所に対して支払う必要がある。加えて、他人の土地の上空を横切るときには、その土地の所有者からの承諾を得て料金を支払わなければならない (これは、公益認定を受ける認定電気通信事業者になれば、承諾が得られなくても、総務大臣の「裁定」を受ければ、承諾を得たのと同じ状態を得ることができる。料金は、その都度、総務大臣が適正価格を決めることになっている。意欲がある学生は、やってみるとよい。)。

このように、工事そのものは現実的であっても、付随する無数の事務的手続きをこなすために、膨大な事務的人件費が必要になるのである。

なお、これらを楽にこなすためには、データベースシステムや地図ソフトを備えたコンピュータ・ソフトウェアを作る必要があるが、それにも開発コストがかかる (なお、NTT 東日本では、こういった情報を管理する OPTOS という素晴らしいシステムがある。詳しくは続編で述べる。同じようなソフトウェアを自らプログラミング言語を用いて作ることも、原理的には、可能なはずである。意欲がある学生は、やってみるとよい。)。



NTT 東日本の光ファイバ芯線管理システム「OPTOS」では、すべての加入光ファイバの地図上の配線と論理的な芯線の分岐・割当てを正確に管理している
(写真は、模擬のマップである。公開資料「第９回 アクセスデザイン・コンテストの実施結果について」情報通信エンジニアリング協会雑誌より引用)

(3) 収容点まで公道上の配線を行ない、これを月額制で貸し出す会社が少なくとも 1 社存在すれば便利である

そこで、地域内の各戸から、地域に少なくとも 1 箇所容易する収容点まで、ケーブルを敷設することを専門に行なう会社を 1 社作ればよいのではないかという発想が生ずる。

もし、このような会社が、市・県・国などの公道の所有者との許可申請手続きを行ない、高所作業車などの車両も多数保有し、電柱の建立や道路の下への配管の埋設の専門家も多数揃え、民有地を横切るときはその所有者と交渉をし、交渉が調わない場合は総務大臣の裁定手続きを請求して強制的に料金を定めてもらい、これらの料金を適切に支払うためのケーブル敷設状況の地図上でのコンピュータ管理も行なえば、われわれ 1 人 1 人が自ら収容点までケーブルを敷設するよりも、非

常にスムーズに、低コストに通信が利用できるのではないかということになる。

現代の NTT 東日本は、まさに、上記の仕事を行なっている。地域内に、通信の収容点となるビル (電話局) を建設し、そこまでのケーブルをユーザーのために敷設し、利用する権利をユーザーに貸し出す。このように、地域の電話局までのケーブルや、これに付随する通信システムのことを、「アクセス」と呼ぶ。

ところで、収容点となる電話局には、複数の人で共有するネットワークを作ろうとする人は、そのための任意の装置 (LAN のスイッチ、ルータ等) を持ち込んで置くことができる。そのための電力も NTT 東日本が供給してくれる。電話局内のスペースと、電力、光ファイバ群は、「義務的コロケーション」と呼ばれ、後に詳しく述べる NTT 東日本に対する規制法律 (光ファイバ網や局舎の開放義務を定めたもの) に基づく制度を用いれば、誰でも (電気通信事業者である必要はあるが) 原価的な料金を支払って利用することができる。その価格は確かに原価的であることを公認会計士が監査し、総務大臣がこれを認可して定められているので、本当の原価に近い。相互接続制度については、前述した。

(4) 収容点同士を接続すれば、共同の巨大な全国的ネットワークを作ることができる

このようにして、各戸からのケーブルを各地域に集約すれば、地域内で閉じた共有ネットワークは簡単に作ることができる。電話局に数千人、数万人程度を収容できる巨大な LAN スイッチを設置すれば、原理上は簡単そうである (実際には、色々と論理的なネットワーク上の問題が発生するが、これらは後述する)。

実は、この考え方に基づき、昔は、パソコン通信というものが存在した。これは専用のケーブルによるものではなく、市内通話の電話線でモデムを用いてネットワークを作るというものであったが、地域ごとに掲示板サーバーのようなものを立てる有志がいて、そこに各自の家から接続すると、掲示板を介してメッセージのやりとりができるというものであった。ところが、それではその地域 (市町村) に閉じており、インターネットのような発展性がない。生まれてから亡くなるまで、一度も村外に出たことが無い人の得られる経験の幅は狭いことと似ている。

そこで、インターネットのような、大人数が共有できる共同ネットワーク空間を作るためには、必ず、収容点同士を接続していく必要がある。ところで、前記の方式により日本全国の地域に収容点 (電話局) を設置していく場合、昔の人が計算して、ケーブルの配線コストや到達距離の関係から、全国に 7,000 箇所もの収容点 (電話局) を設置するのがおおむね最適解であるということになった。そこで、実際に NTT 東日本は全国に 7,000 棟もの電話局を建てている (NTT 東日本が約 3,000 棟、NTT 西日本が約 4,000 棟)。これらの収容点同士を実際に接続していくことにより、フレッツ光のようなネットワークが成立している。このような収容点同士の接続を「中継」と呼ぶ。後に詳しく説明する。

「アクセス」: 電話局を各地域に建立して地域収容点とし、地域各戸を収容する

全ユーザー 1 点集約型の空想例が無理な理由は、物理的には、(1) 物理空間的な困難性、(2) 伝送距離上の問題、(3) 配線工事・保守コスト上の問題、(4) 冗長化の問題、に起因することが明らかとなった。それでは、これらの問題を、どのように解決すれば良いだろうか。

最初に思い付く方法は、収容点を全国に多数分散すれば良い、というアイデアであろう。日本全国に、地域ごとに 1 棟ずつ、配線収容のための電話局 (ある程度頑丈なビル) を設置し、その電話局を、その地域の各戸に対する光ファイバ配線の収容点とすれば良いという方法がある。そうすれば、札幌の戸建と、東京にある収容点とを接続するというような馬鹿げた長距離配線は不要になり、札幌の戸建のためには、札幌にある電話局との間の数 km の間でだけ、光ファイバを敷設すれば良いということになる。

実際に、日本全国には、電話局が多数建設されている。前述のとおり、NTT 東日本では約 3,000 棟、NTT 西日本では約 4,000 棟存在する。この電話局は、「電話局」の他に、「通信用建物」、「局舎」、「収容ビル」等さまざまな呼称で呼ばれるが、同じ意味である。

これらは、最初、国の所有物であった。電話局の建設には多額のコストが必要で

ある。しかし、市役所や郵便局と似た公共財であり、電話の全国への普及 (光ファイバよりも遙か昔の話である) という、国民共同の利益に資する。よって、国民全員のリスクにより、公共事業として建設すると、短時間で実現できそうである。このような発想により、光ファイバより遙か昔の、電話線の時代に、電話局が多数建設された。これらの電話局は、長年、国の役所として運営されてきたのである。電電公社は、1985 年に、民営化され、日本電信電話株式会社 (NTT) となった。電話局の土地・建物は、すべて、NTT の所有物になった。NTT の株式の約 35% は、今でも国が所有している。NTT は、1999 年に、複数の株式会社に分割された。電話局の所有権や、NTT の通常の固定電話やフレッツ光等の設備やサービスは、分割によって、NTT 東日本 /NTT 西日本が事業承継し、現在に至っている。

このように、地域毎に 1 棟ずつ電話局を建て、その地域の各戸からの通信を全部その建物に収容すれば、配線の長さは、かなり短くなる。ただし、その場合でも建物から各戸に直接 1 本ずつケーブルを引くと、多額の工事費がかかる。また、建物付近に大量のケーブルが集まることになる。光ファイバケーブルは、どれだけ細くしても、ファイバ芯線を保護する外皮として 2 ミリメートル程度の直径が必要である。10 万人が住む地域のケーブルをそのまま束ねると、少なくとも、直径 1 メートル程度の太さになってしまう。これではメンテナンスができないし、道路の下に埋められたマンホールや管路を通すこともできない。そこで、1 本の太いケーブルに何百本もの光ファイバ芯線を集約する多芯光ファイバと、それらの光ファイバを地域内でどんどん枝分かれさせていく技術が必要となる。地域内での配線方法の工夫については、続編で詳しく述べる。

ひとまず、全国の地域に 1 棟ずつ電話局を建てていけば、1 つの電話局に収容されるケーブルの本数はかなり削減されるから、(1) 物理空間的な困難性は解決されたように見える。また、各戸と電話局までの間の距離は数 km 程度の短さになる。数 km 程度であれば、光ファイバでも、古の電話線でも、途中に装置なく、宅内と電話局との間で通信することができる。よって、(2) 伝送距離上の問題も解決されたように見える。ケーブルが短くなれば、配線コストも故障確率も下がり、(3) 配線工事・保守コスト上の問題も解決されたように見える。さらに、ある地域

の電話局が停電になったり、被災したりしても、影響を受けるのは、その地域の加入者など、一部に限定される。したがって、(4) 冗長化の問題も解決されたように見える。

このようにして、国の中にあるさまざまな地域において電話局を建立し、その地域の各戸が電話局によって構成されるネットワークに接続することができるようにするとき、そのような各戸から最寄りの電話局までの接続ケーブル (光ファイバや電話線) や、それに付随するさまざまな装置や工法やサービスやソフトウェア等を含めて、伝統的に、「アクセス」、または「加入」と呼ぶ。日常用語では、アクセスとは、会場に至るまでの道筋を示したり (「庁舎までのアクセスのご案内」等)、Web サービスやデータベースシステムを利用するに先だってこれに接続したり (「不正アクセス」等) することを意味する。通信業界の「アクセス」という言葉も、概念的には日常用語の意味と似ているが、加入者が電話会社の作るありがたいネットワークに接続するまでの接近を実現する手段という意味が強く、上記のような、地域における光ケーブルや通信機器を示すので、注意が必要である。この「アクセス」という言葉の特殊な使い方を認識せずに NTT 東日本や通信業界の関係者と議論すると、たちまち混乱が生じる。

ある地域の電話局にぶら下がる各戸の利用者は、電話会社との間で、直接的または間接的に、アクセス回線を利用するための契約を締結することになる。これは、継続的な役務の供給契約である。契約の当事者は、一方が電話会社 (または電話会社からアクセス回線を仕入れる電気通信事業者)、もう一方が利用者である。ここで、通信業界では、契約を締結した (または、しようとしている) 一般宅や一般企業の利用者のことを、技術用語としては、「加入者」とか、「ユーザー」と呼ぶ。ただ、実際に対面したりコールセンター等で対話したりするときは、技術用語をそのまま利用するのは失礼にあたるので、「お客様」とか、「契約者様」などと呼称するのである。

実際に、アクセスを実現するためには、3 つの点が問題となる。

(1) 電話局と各戸との間の通信方式の論理的な仕組みを考える必要がある。

ア. 加入者が享受する通信インターフェイス (UNI)

加入者は、物理的な各戸と電話局との間のケーブルを通じて、どのような通信を流すことができるようにするのか、加入者は通信の相手先をどのように指定するべきであるかといった、加入者向け通信の規格や方式を決める必要がある。

また、加入者が通信を行なおうとする際に必要となるコネクタの形や電気的仕組み等を決める必要がある。

このように、回線を契約すると、加入者は一体どのような通信を行なうことができるのか、そのために、どのような形で加入者の装置をアクセス回線に接続するべきであるか、というような仕様のことを、加入者向け通信インターフェイスと呼び、UNI (User-Network Interface) と呼称する。

イ. わずか 1 芯の光ファイバ芯線を数名の加入者で共有する手段

複数の加入者が、1 芯の光ファイバ芯線を共有してネットワークに接続するようにすれば、ケーブル 1 本を敷設し維持するコストを、多数の加入者で共有することができ、月額費用を下げることができる。

この場合、どのようにして 1 本のケーブルを複数の加入者で共有するべきか、その方法を決める必要がある。

ウ. 加入者による擾乱（じょう）や不正を防止する収容・認証・課金・管理の手法

前記 ア で定めた加入者向けの通信インターフェイスは、舞台の表側のようなものである。テーマ・パークにおける来客側の視点で見た機能である。電話会社の側では、加入者に対して、ア で定めた統一的なサービスを大量・円滑に提供するとき、その舞台裏の仕組みが必要となる。また、加入者をある程度の枠にはめて取扱い、管理をする必要がある。たとえば、契約前の、または解約後の加入者が通信ができないようにする必要がある。また、イ で述べた 1 本のケーブルの共有手法を用いるとき、複数の加入者の通信が間違って混じり合わないように制御する必要がある。これらの仕組みを決める必要がある。

(2) 電話局と各戸との間の通信のための両端の通信装置を用意する必要がある。

加入者の宅内と、電話局内との両方に、前記 (1) の ア を満たす通信装置を設置する必要がある。宅内の側は、加入者の数だけ通信装置を用意する必要があるので、1 個あたりのコストをかなり低くする必要がある。そのためには、内部構造ができるだけ単純で、競争により安価に調達または製造可能な装置を用意する必要がある。ところが、簡単すぎる装置は、前記 (1) の イ のように、複数の加入者による 1 本のケーブルを共有する機能を具備していなかったり、その機能に欠陥がありトラブルが連発したり、前記 (1) の ウ のように、加入者を管理するための機能を十分に有していなかったりする。短期的にコスト削減ができても、長期的な運用コストが増大してしまう。この部分のトレードオフが、電話会社における、難しい経営上の課題である。

電話会社の経営層は、現在および将来の技術水準と市場環境を予測しつつ、適切な装置を選択するか、自ら開発する必要がある。良い方法がなければ、(1) の論理的な仕組みを考える部分に戻って、他の選択肢を検討する必要がある。一度方式や装置を決定してしまったら、後戻りは困難である。よって、電話会社の経営層は、技術について、かなり奥深くまで精通する必要がある。

電話局内の装置についても同様で、性能や管理性がよく、長期的にみてコストが最も安価になる装置を選ばなければならない。

宅内装置と、電話局側の装置とは、異なるメーカーでも良いほうが望ましい。競争が生まれて、双方の装置が安価に調達できるし、一のメーカーが製造を中止しても、他のメーカーから調達することができるので、サービスの長期継続性が安価に実現できるためである。

(3) 電話局と各戸との間を接続する物理的なケーブルを敷設する必要がある。

ア. ケーブル芯線・分岐管理のための分岐図面・芯線管理台帳

電話局を中心点にし、地域の各戸を終点とするようなケーブルを敷設しようとする場合、物理的に屋外にケーブルを引くことになる。ケーブルを敷設するためには、その都度、工事費用 (人件費) とケーブル代がかかる。一般的に、人件費が最も高

額なので、ケーブルは、その都度敷設するのではなく、ある程度同時に (光ファイバ 1,000 芯くらいを) 一気に敷設したほうが良い。1,000 芯くらいの光ファイバを 1 本にまとめた太い光ファイバケーブルが市販されているので、それを用いればよい。

そこで、実際に地域内に 1,000 芯くらいの光ファイバを何本も引いていくと、どの光ファイバのどの芯が誰につながっているのか、忘れてしまう。忘れないようにするためには、ケーブルや芯線を管理する分岐図面・芯線管理台帳を整備し、工事を行なったときは、忘れずにこれを更新する必要がある。このような図面や台帳があれば、日々、最適なケーブル敷設計画を立てることができる。

イ. マンホール、地下管路、電柱、道路、家屋、障害物等を含めた地図の作成と維持

ケーブルを物理的に屋外に敷設するときは、マンホールや、マンホール同士を結ぶ地中のパイプ (管路)、電柱等を用いて敷設する必要がある。これらの設備がない場合は、新たに作るか、電力会社等から借りてくる必要がある。

そして、どのようにしてケーブルを敷設するのが最良であるか、一々現場を見に行くと大変なので、マンホール、地下管路、電柱、道路、家屋、障害物などの位置関係を記した専用の地図を作成し、それを維持することが必要である。

この地図も、ア の分岐図面・芯線管理台帳と同様に、更新を怠らず、常に維持しなければならない。

ウ. ケーブルの分岐に必要な部材や工法の用意

屋外 (電柱の上) やマンホール等でケーブルを分岐する場合は、紫外線、風力、雨水から保護するための保護箱を設置する必要がある。この箱のことを、「クロージャ」と呼ぶ。

クロージャの中では、さらに、ケーブルを分岐するための部品が必要となる。ケーブルの分岐は、芯線単位で他の芯線から分岐する方法と、ある 1 本の芯線をさらに分岐する方法の 2 種類がある。その際には、融着、メカニカルスプライス等

の工法と、スプリッタと呼ばれる光学的分岐部品の取付等が必要になる。

エ. 幹線ケーブルの敷設

地域内のケーブルは、大きく、(1) 幹線ケーブル (支線を含む) と、(2) 幹線 (+支線) から加入者の自宅に伸ばすための局所的なケーブルの 2 つに分けることができる。

(1) の幹線ケーブルは、申込みがなくても、ある程度余裕をもって地域内に引き回しておく。(1) の幹線ケーブルが地域内にすでに引き回されていれば、その状態は、前記の ア や イ の図面・台帳に記録されている。そして、これらの幹線ケーブルが有する芯線 (市街地主要部には、あらかじめ数千 ～ 数万芯が敷設されることが多い) の使用状況も台帳に記録されている。

もし、加入者になりたいお客様から問い合わせがあれば、問い合わせを受けた電話会社は、これらの図面・台帳を確認することで、その加入者になりたいお客様の建物の近くの幹線・支線ケーブルの空き等を調べて、在庫の有無を即答できる。

幹線・支線ケーブルがない場合は、後日引いてくることになるが、この場合、納期が数ヶ月かかることがある。

幹線・支線ケーブルがあれば、あとは幹線・支線ケーブルから局所的なケーブルを自宅まで引けばよく、これは、その工事の作業者の予約を手配するだけなので、ほとんど一瞬で工事日まで決定することができる。

オ. 個別の局所的な家屋までのケーブルの敷設

前記 エ の (2) の局所的なケーブルは、お客様からの申込みの都度、工事がなされる。これは、家屋の近くの電柱に高所作業車がやってきて、電柱の近くに吊ってあるクロージャ内で、芯線を分岐し、その先に、1 本とか 8 本単位で、新たに用意してある局所的ケーブルの芯線を接続する。

光ファイバの芯線同士の接続は、融着と呼ばれる手法を用いる場合が多い。また、スプリッタと呼ばれる部品で、1 本の芯線を 8 加入者等で共有する場合も多い。これらの分岐工事は、電柱状のクロージャ内で行なわれる。そして、新たに敷設す

る局所的ケーブルは、電柱を始点とし、家屋の壁に取り付けられたケーブル引留金物まで空中で引っぱり、ピンとそのケーブルを張り詰めた状態にして、両端で固定することにより、実施される。

ケーブルをピンと張り詰める際には、ある種の職人芸的感覚が必要である。緩すぎてはいけないし、張りすぎてもいけない。ちょうど良い具合に張れば、ある程度の風が吹いても、ケーブルはゆらゆらと揺れるだけで、風が原因で切れてしまう可能性はかなり低くなる。

市街地においては、電柱がなく、代わりに地下のマンホールや共同溝と呼ばれる地下トンネルを用いて、宅内 (多くの場合は、商業ビルである) まで配線するケースもある。

カ. 加入者宅内におけるケーブルの末端の処理

電柱から加入者宅内にケーブルを引き込んだら、その末端を処理する必要がある。末端には通信装置を取り付ける必要があるが、通信装置は光ファイバのコネクタを差し込むような外形になっているので、新たに引いた光ファイバにコネクタを取り付ける作業が必要である。

また、中規模・大規模な家屋 (アパート、マンション、庁舎、ビル、通信有力者の戸建等) に光ファイバを引き込む際は、需要を見越して、1 芯ではなく、8 芯、24 芯、40 芯、100 芯等の多芯ケーブルを予め引いておくことが多い。

この場合、芯線を保護してコネクタとして取り出すことができるプラスチックの弁当箱のようなボックスを家屋の共用部分に設置する。共用部分とは、たいていの場合、アパートやビルの地下 1F や 1F 等の電話端子室のような室や壁際の場所である。このような室または場所は、MDF (Main Distributing Frame: 主配線盤) と呼ばれる。

上記に述べた説明は、ポイントだけの概説的なものである。実際には、これらは、さらに細かい数百もの工法に分かれている。これらには、かなり現場的なノウハウが含まれる。仮に、これを実際に文章で解説するとなると、1 つの工法だけでも、

書籍が 1 冊書けるくらいの豊富さと技術的背景があり、非常に奥が深いものである。

「ネットワーク」: 電話局同士の中継の仕組みを構築する

全国に、複数の電話局を建てて、アクセス回線の収容を分散したら、次なる重要な問題が発生する。それらの電話局は、互いに距離的に孤立分離している。同じ電話局に収容されている人同士であれば、その電話局に設置している共同の通信装置を介して、折返し通信が簡単にできる。電話網でいうと、市内通話のようなイメージである。しかし、異なる電話局に収容されている人同士では、そのままでは、通信ができない。電話網でいうと、市外通話のようなイメージである。そのような電話局間のつながりを、「ネットワーク」という。

それでは、どのようにして、孤立分離している複数の電話局間の加入者同士の通信を実現すれば良いだろうか。少し考えると、電話局間を、すべての加入者で共有するケーブルで連結すれば良いと思い付くであろう。そして、ある電話局の加入者と、別の地電話局の加入者とが通信しようとした場合は、その建物間を連結するケーブルを通って通信をするように制御すればよいと思い付くであろう。

実際にそれを実現するためには、3 つの点が問題となる。

(1) 電話局間の中継を行なうための理論的な仕組みを考える必要がある。

ア. 交換 (ルーティング) ※ NTT 東日本では、玄人は、「ルーチング」と呼ぶ。

まず、複数の電話局で構成されたネットワークに接続する、遠く離れた加入者同士で通信を行なうために、さまざまな論理的な動作原理を考える必要がある。たとえば、電話回線であれば、03-xxxx-xxxx のような電話番号が与えられたとき、「この電話番号は、こっちの電話局だな。」と素早く判定して、その電話局に向けてその通信を流す必要がある。

インターネットであれば、最も簡単なケースでは、宛先の IP アドレスが電話番号にあたる。このように、通信の宛先をみて、適切な方向にその通信を流すことを、「交換」または「ルーティング」という。通信の交換を行なう装置や役割を、「交

換機」、「交換装置」、「ルータ」または「ノード」という。

👉 回線交換方式 = 元祖電話回線の長距離通信の仕組み入門

「交換」、「交換機」等という呼び名は、伝統的な電話的な呼び方である。伝統的な電話は、通話回線を、「交換手」と呼ばれる電話会社の職員が、「交換台」と呼ばれる人間ルータ装置のようなものの前に常駐しており、加入者が電話をかけようとする度に、パッチコードと呼ばれる短い室内ケーブルのようなものを抜き挿しして、加入回線や中継回線の接続先を「交換」していた。

交換手を電話局に配置しておくためには、多額の人件費がかかる。昼間は電話の本数が多いが、夜は少ないので、夜は休もうということになる。ところが、昔から、夜でも電話をかけようとする変な人はいて、つながらないと苦情を言うので、それに対応するために、大変過酷な労働環境であったとされる。

特に、戦後米軍が日本を占領していたとき、「川崎電話局のように、これは立川などの軍事基地の関係のあるところの電話局では、(略) 夕方の七時に出動して朝の六時ぐらいまでやらされる。(略) ウオーカー (米国の将校) が夜中に奥さんのところに電話をかけた。ところがそれが通じなかつたので、すぐ呼び出して、絶対夜は勤務しなければならないというようなきつい命令が来て、昼が案外楽で、夜は絶対的な権限で使用されている。非常に労働も強化され、苛酷である」、「青森の三沢電話局では、何でもよろい戸をおろして、がんじがらめにして外と遮断して、そこに見張りが張つていて、従業員が働かされておる」 (衆議院 電気通信委員会 昭和 27 年 4 月 15 日) のように、国会でも大いに問題になった。

このような交換手による交換は、人間に過酷な労働を強い、また電話の件数が増えるにつれ、物理的に無理が生じたので、後に交換手が交換機に置き換わった。しかし、交換機になっても、回線交換の仕組み自体は、そのまま継続した。回線交換方式の限界は、あらかじめ存在する物理的なケーブル同士の接続をつなぎ変えて通話を実現するため、中継部分のケーブル (需要に応じて、かなりの本数を最初から引いておく) の物理的な回線数を超えて通話を行なうことができないという点にある。すなわち、ネットワークを同時に利用することができる人数は、中継部分のケーブルの回線数 (信号線の本数) に依存してしまう。

中継部分のケーブルは、当初は、各戸の電話機を接続するための電話線と同じアナログ回線であった。その後、複数のアナログ回線を束ねて、これをデジタル方式で 1 本の回線で多数同時に伝送できるデジタル中継回線の仕組みが登場し、これを取り扱うためのデジタル交換機が全国に配備された。しかし、これはタイムスロット (時間割) と呼ばれる仕組みで中継部分のケーブルを時間的間隔により分割し、有限なアナログ回線の複数本数分の信号でその中継ケーブルを共有するという仕組みであった。すなわち、デジタル技術を用いて、アナログ技術を仮想的に実現していたのである。

この回線交換方式には、一度電話をかけたのち、その電話の接続 (「呼」と呼ばれる) が相手とつながっている限り、たとえ電話の内容が無音であっても、アナログ線であれば 1 本の信号線の全体が、あるいはデジタル回線であればタイムスロット 1 回線分が、その電話の呼によって占有されてしまうという、重大な欠点があった。これでは、現代のインターネットのように、つなぎっ放しにすることはできない。皆がつなぎっ放しにすると、中継回線が呼によって埋められてしまう。電話会社としては、中継回線は最も希少なリソースであったので、無意味に電話をつなぎっ放しで放置する加入者の出現を防止する必要がある。

そのために一番良い方法は、中継回線を使用する電話料金に、高額な課金をすることである。そうすれば、加入者は、長距離電話を行なうときは、特に節約をするよう心がけることが期待できる。このような考え方により、電電公社 (NTT) は、長距離電話について、3 分で 450 円程度を課金していた (東京 - 大阪の通話料金、昭和 58 年 8 月の金額。)。他方、市内通話はわずか 3 分 10 円であった (つまり、長距離電話は、市内通話の 45 倍も高額であった。)。

皆、市内通話は心にゆとりを持って行なうことができた。一方で、長距離電話は、例えば東京から大阪に電話をかけるというような場合は、電話をかけて、早口で用件を伝え、急いで電話を切る必要があった。そうしなければ、翌月請求されてくる電話会社からの電話料金を大いに心配しなければならなくなるのからである。

東京―大阪間で 30 分会話すると、なんと 4,500 円も取られるのである。このような加入者に対して誠に大きな負担を感じさせるこの回線交換方式は、その負担が、そっくりそのまま電話会社の収入になる。

いったん設備投資によって敷設した中継ケーブルという生産手段をもとに、多額

の通話量収入が得られ、電話会社は長い間にわたり、莫大な利益を手に入れることができたのである。電話は、唯一のリアルタイム通信手段として、長い間市場を独占していた。電話会社としては、加入者に不便をかけた不利益な状態が長続きするほうが、電話会社の側の利益が増えるという状態にあった。加入者に対する利益相反的状態と、技術革新が進まないほうが利益が大きくなるという、社会に対する利益相反状態が続いていたのである。

この大いに問題のある状態は、数十年間も継続した。しかしながら、このような不自然な状態は、自然が許容しない。この問題は、西暦 1965 年頃に米国で提唱されたパケット通信技術と、これを基礎としたインターネット技術の発明と発達により、最近ようやく解消された。この回線交換方式は、極めて長い間生き残り、なんと 西暦 2024 年まで存続することとなった。

西暦 2024 年 1 月 1 日頃から (来年の正月である。)、NTT 東日本・NTT 西日本の電話の中継部分のデジタル交換方式は原則廃止され、すべてインターネットと同じ技術を用いた IP ルータによるパケット通信に移行することになり、日本国内においては、ついに、NTT 東日本・西日本内で、どれだけ離れた距離で電話をかけても、3 分 9.35 円の均一料金となるに至るのである。

👉 電話会社における回線交換方式の衰退と、60 年かけた闘いにおける偉大なる IP 通信方式の勝利の瞬間

現在、電話会社による自宅や会社への光ファイバサービスは、大きく普及している。たとえば、NTT 東日本 / 西日本の「フレッツ光」は、全国で、2,300 万回線が普及している。インターネットやフレッツ光等のネットワークは、回線交換方式ではなく、パケット交換方式であるので、通信コストが極めて低い。そこで、インターネット、またはフレッツ光の上に、電話通信を乗せれば良いのではないかという発想が登場した。これが、IP 電話と呼ばれるものである。

もともと、IP 電話は、最初は企業内 LAN の内線電話用に普及し始めた。それまでは、企業のオフィスでは内線電話の配線と LAN の配線の両方が張り巡らされていた。これは明らかに非効率なので、全部 LAN に統一したほうが良い。そこで、

内線電話の交換機が IP 電話のサーバーに置き換えられ、内線電話の電話機が IP 電話機に置き換えられた。この IP 電話は、もちろん、1 つの企業のオフィス内だけでなく、インターネットや広域ネットワークを経由して、全国的または全世界的に使用することもできるはずである。そこで、フレッツ光の上で IP 電話の仕組みを実現すれば、極めて安価に長距離通話が実現できるのではないかという発想が生まれた。

フレッツ光は、最初は主にインターネットへのアクセスを行うために利用されていたのであるが、B フレッツ開始後 3 年後の西暦 2004 年 9 年には、「ひかり電話」という、インターネットと同じ通信の仕組み (IP: Internet Protocol) を用いた IP 電話サービスが考案され、フレッツ光のインフラ上でサービスが開始された。ひかり電話と、従来型の固定電話は、同じような、03-xxxx-xxxx のような市外局番を有する番号体系に属していた。固定電話からひかり電話への番号をそのままにした移行も可能であった。利用者の視点としては、フレッツ光を引いた場合、固定電話を解約して基本料金を節約することができた。

それでも、電話会社の内部的な関係としては、長い間、伝統的な固定電話が主、ひかり電話が従の関係となっていた。IP 電話のシステムが登場したての頃は、固定電話のシステムほうが実績があり、安定して利用でき、安心できたからである。ひかり電話は、ひかり電話のユーザーとの間で通信する際にはひかり電話のシステムだけで直接通話がなされたが、NTT 東日本の固定電話と通話する場合はもちろん、他社 (KDDI、ソフトバンク、ケーブルテレビ会社等) の固定電話と通話する場合も、一度、従来型の固定電話用の信号に電気的に変換される必要があった。そのため、ひかり電話の用いていた IP 通信は、ひかり電話の相手をのぞき、電話をかけるたびに、毎回、メディア変換装置を通っていた。

その後、長年経過して、IP 電話の品質と安定性が実証された。そこで、NTT 東西では、従来のアナログ固定電話も、前述のとおり、西暦 2024 年 1 月 1 日頃には、全部ひかり電話と同じ動作原理で交換伝送がなされる IP 電話システムに移行することになった。

これは、従来の伝統的電話網の仕組みと、インターネットの通信網の仕組みが、主従逆転する、歴史的瞬間である。これまでは、ひかり電話の IP 通信方式は、肩身の狭い思いをしていた。電話の世界では、固定電話の通信方式が幅をきかせてい

て、それに合わせないと口を利いてもらえないのである。

ところが、この逆転が発生した瞬間から、二者関係が逆転する。IP 通信方式が基礎的・中心的存在になり、固定電話は、古い (レガシー) な例外的存在となる。これからは、固定電話は、電話網の中で口を利いてもらうためには、IP 通信方式に合わせる必要が生じる。

それでは、どのようにして従来の固定電話を、IP 通信方式の世界に変換して接続すればよいのだろうか。従来の固定電話は、1 本 1 本が、電話局内の加入電話交換機と呼ばれる装置に電気的に接続されている。従来の固定電話の電話機を取り上げると、ツーという音が聞こえるが、これは電話局内の電話交換機が発している。その後、ダイヤルすると、電話交換機がそれを処理してくれる。

この交換機の先に、固定電話の通信信号を IP 通信信号に変換するメディア変換器を取り付け、IP 通信方式のネットワークに接続すればよい。この方法により、NTT の電話局よりもネットワーク側の内部的な電話通信は、すべて IP 通信方式に置き換えることができる。NTT 以外の固定電話や携帯電話等の会社と相互に接続する地点 (相互接続点) も、同じように、すべて IP 通信方式で実現できる。

従来は、この部分は固定電話の通信方式でなされていたが、固定電話の通信装置は、電話会社しか購入しなかったので、高価であった。電話における IP 通信方式の装置は、「ルータ」や「スイッチ」と呼ばれる基礎的な通信装置と、IP 電話特有の制御装置 (誰に電話をかけたい、等の加入者からの依頼を読み取り、適切な調整処理を行なう装置等) とに分かれる。スイッチやルータ等は、インターネットの普及により、安価に購入できるので、調達コストが低い。後者の IP 電話特有の制御装置も、IP 通信が可能なサーバーコンピュータによりソフトウェアで実装することができるので、開発コストが低い。これらにより、電話ネットワーク全体が IP 通信化されることのコスト削減メリットは大きい。

電話の課金モデルは、通話時間に応じた従量制であったが、インターネットの普及により、電話の利用は減少し、通話料収入は、この 20 年間で、30% 程度となってしまった (2002 年 3 月決算が約 1.7 兆円、2022 年 3 月決算が約 0.5 兆円。)。しかし、電話は基礎的通信手段なので、今後も存続する必要がある。そのためには、維持コストを下げる必要がある。電話網の全ての IP 化という手法は、単に技術的に面白いだけでなく、ちょうどそのコスト引き下げの必要性の需要に適合

した良い手法である。この流れは、日本だけでなく、海外においても同様である。

1965 年に米国空軍のポール・バラン氏がパケット通信の仕組みを米国電話会社 (AT&T) に提唱したところ、大反対されて、拒絶されたが、これによって始まった IP 通信的イデオロギーと電話交換網的思想との対立は、60 年間かけて、ついに、IP 通信網の勝利の結果として、決着が付いたのである。

イ. 伝送

交換の仕組みをうまく考案したとしても、交換によって他の電話局に向けられた実際の通信が、その対象電話局に届くまでの仕組みを、別に考案しなければならない。

電話局同士は、遠く離れている。電話局同士の間には、中継のためのケーブルが敷設されているとしよう。その多数のケーブルをどのように用いて、通信を遠くの電話局に向けて接続するかが重要となる。中継ケーブルの本数には、物理的に限りがあるので、1 本のケーブルを同時に多数の加入者の通信で共有して使うというような多重化の仕組みが必要になる。電話局間に張られるケーブルは、物理的には、それぞれの電話局の中にある交換装置の間を接続する。このような電話局間の (すなわち、交換装置間の) 中継の通信のことを、「伝送」または「リンク」という。

ウ. 電話局同士の階層型ネットワーク

交換と伝送について考える際に、新たな問題が出現する。電話局の総数が数棟程度であれば、全電話局の間で、相互に中継ケーブルを張ればよい。

しかし、電話局が全国的に数千棟も建立されているとなると、その間を相互にケーブルで接続することは、コストの関係で不可能である。

また、仮にすべての電話局間で相互にケーブルで接続をしたとしても、大量のケーブルを流れる通信を管理する必要が生じ、複雑性が増してしまう。

そこで、多数の電話局を階層化することにより、ケーブルの総本数や総距離を節約し、構造を単純化する必要がある。

良い階層型ネットワークを実現するには、実現したい階層型ネットワークの形を、ア で述べた交換の仕組みと、イ で述べた伝送の仕組みのそれぞれに密接に関連させて発案する必要がある。その理由は、次のようなものである。

第一に、ネットワークにおいて階層構造を作ると、その構造の比較的上流の部分は、比較的下流の部分と比べて、必然的に、大量の通信が流れることになる。そのため、上流部分を処理する交換の装置は、上流であればあるほど、かなりの通信容量に耐え得るものを用意する必要が生じる。

第二に、上流の交換装置を経由して流れる通信の量が増えるならば、同時に、上流の交換装置を取り巻く伝送路 (その 1 つ下位の交換装置と接続される) についても、高速な帯域に対応することができるものが必要となる。

第三に、他ネットワークとどのように接続するかが問題となる。インターネットへのアクセスを考える場合、伝統的な階層型構造においては、後に述べるような、他の電話会社や ISP の他ネットワークと、どこで相互に接続するかが問題になる。一つの考え方は、階層構造における最上流のルータと、他ネットワークとを接続するという方法である。これは、自社のネットワーク内に終始する通信が割合的に多く、他ネットワークとの通信量が割合的に少ない場合は問題はない。ところが、他ネットワークとの通信量が結構増加してくると、最上流のルータの処理可能な容量をオーバーしてしまう可能性がある。そこで、何らかの方法で、より下流のルータから他ネットワークに接続をする手法が必要になる。

(2) 電話局間の中継を行なうための物理的な装置を設置・運用する必要がある。

前記 (1) の方法により、電話局間の通信の中継を行なうための理論的な仕組みを考えたらならば、次に、その仕組みを現実化するための「ルータ」 (交換機) と呼ばれる装置を自ら開発するか、調達してきて、これを設置する必要がある。

ルータという装置の中心部は、通信機器というよりも、コンピュータに近い。かなり複雑な経路の制御を行なうので、経路処理のためのソフトウェアを動作させる必要がある。そのためのソフトウェアを、「ルーティングプログラム」や「ルーティングデーモン」と呼ぶ。デーモンとは、守護神という意味である。コンピュータ

や通信のソフトウェアの世界では、ユーザーの活動を支えるために背後で常時動き続けるソフトウェアのことを「デーモン」と呼ぶ習慣がある。

ルータでは、ルーティングプログラムで動作するコンピュータが中心となり、そのコンピュータに、周辺部分に、物理的なケーブルの接続端子の数と同じだけ、通信のための部品がつながっている。本来は、すべての通信信号は、この接続端子から入ってきて、一度コンピュータに到達し、ソフトウェアで行き先が決められ、別の接続端子から出て行くことになっている。

ところが、通信量が増えてきて、コンピュータの動作速度の限界を超える場合、より高速なコンピュータが必要になる。高速なコンピュータの費用は高いので、これを節約するために、代わりに、通信の行き先をハードウェア的な処理で決めることができる安価な仕組みが登場した。この高速な周辺ハードウェア部品は、自動車のようなものである。中央のコンピュータのソフトウェアは、運転席に座る運転者のようなものである。これにより、運転者はあくまでも主役のまま、車を使用して、自らの足の速度よりも速い速度で走行できる。

このように、ハードウェアを使用して高速化する手法を、通信機器の業界では、「アクセラレーション」 (加速) と呼ぶ。この最近のルータは、ソフトウェアがこのような速度を向上するための特殊なハードウェアに指図してアクセラレーションを実現することで、極めて高速な通信を、安価な機材で処理することができるようになっている。このような高速化された特別なルータを、「レイヤ 3 スイッチ」と呼ぶ。

(3) 電話局間の中継を行なうための物理的なケーブルを敷設する必要がある。

各電話局にルータを設置したならば、それらのルータの端子間を接続するために、物理的なケーブルを電話局の間に敷設する必要がある。この物理的なケーブルは、光ファイバである。先に、電話局と加入者の各戸を接続するための光ファイバを、「アクセス」や「加入光ファイバ」等と呼ぶと説明した。これと対比して、電話局間の光ファイバを、「中継光ファイバ」と呼ぶ。

中継光ファイバでも、加入光ファイバと同様、1 本のケーブルに最大 1,000 芯

程度の光芯線が詰まっている多芯光ケーブルを敷設する。多芯光ケーブルは、1 回敷設すれば、最大 1,000 個の異なる装置で利用することができるので、1 芯あたりの敷設コストや故障修理コスト (これらは、耐用年数で均して、月額ランニングコストとして計算する) が軽減でき、有益である。

👉 電話網も IP 通信化され、電話会社間の相互接続が容易になると、2024 年に、いよいよ、驚くべき通話集約点が登場する

異なる電話会社間の電話ネットワーク同士は、相互に接続されている。仮に 100 の電話会社があれば、最低でも、(100 × 99 ÷ 2) = 4,950 本もの直接接続経路が必要である。ただし、電話会社は、すべての電話会社と直接接続する必要はない。途中の経由電話会社に、中継を依頼することもできる。ただ、その場合の中継は、送電網における電力の託送と同じように、追加の料金が発生する。そこで、できれば、電話会社同士は直接接続をしたいと皆考える。

これまで、電話会社間が直接接続をするためには、それぞれの電話会社間で協議を行ない、2 社の装置間で通信ケーブルを敷設して接続をする必要があった。しかし、この手法は、電話会社間のケーブルの数が増えていき、また、それぞれの電話会社向けのケーブルを収容する装置を接続先電話会社の数だけ用意しなければならず、高コストであった。そのため、そのコストを賄うことができない小規模電話会社は、大きな電話会社に中継を依頼し、追加手数料を支払う必要があった。

従来の電話網において直接接続する際に、その接続を集約することができる共有の装置を 1 つ作れば、上記の問題は解決できそうである。ヨーロッパの歴史のある街のように、真ん中に広場を作り、そこは住民の共有とすれば、住民同士は、互いの家屋を訪問することなく、広場へ行って対話することができるが、これと同じイメージである。

そこで、日本の電話業界で、電話会社間を接続する電話網を IP 化しようとする契機に、このような共同の通話集約点を実現しようという構想が持ち上がった。電話網が IP 化されるのであるから、すべての電話会社の相互接続は IP ベースになる。IP 通信は、LAN (イーサネット) の仕組みで行なわれるので、すべての電話会社が皆接続する 1 つの LAN のスイッチを設置すれば良さそうである。しかし、

この場合、3 つの問題が発生する。

(1) 第一の問題は、その共有スイッチを誰が所有、構築、運営するかである。総務省で電話会社同士の寄り合いが開かれ、色々と議論がなされ、一番大きな固定電話会社である NTT 東日本と NTT 西日本がその共有スイッチを他の電話会社のために所有、構築、運営することになった[①②③④]。

(2) 第二の問題は、その共有スイッチの調達と運用コストをどのように負担するかである。総務省で電話会社同士の寄り合いが開かれ、色々と議論がなされ、電話会社が皆お金を出し合い、NTT 東日本と NTT 西日本に支払うことになった。

(3) 第三の問題は、その共有スイッチをどこに設置するかである。総務省で電話会社同士の寄り合いが開かれ、色々と議論がなされ、NTT 東日本の電話局と NTT 西日本の電話局のうち、数ヵ所に、特殊な共有スイッチを設置する空間を設置し、そこに各電話会社が光ファイバケーブルやイーサネット接続装置を持ち込んで、その共有スイッチに接続することになった。

この結果、NTT 東日本・NTT 西日本の電話局内には、日本全国のすべての電話会社間を流れるすべての通話 (同一の電話会社内で閉じるものをのぞく。) が集中する、極めて重要な、驚くべき通話集約点として常時稼働し、日本一重要な役割を担う LAN スイッチが誕生することになる。電話網が電話会社間の多様な自律分散相互接続ネットワークで構成されていた時代は終わり、驚異的な全通話集中型の聖地のようなスイッチが、今まさに誕生しようとしているのである。これまで実は電話会社間は分散的につながっていたのが、一箇所集中になることになる。逆の流れで、面白い。

👉 電話の普及のために電話局が建設される前は、郵便局の中に電話局相当の設備があったが、後に分離独立した

① https://www.soumu.go.jp/main_content/000458214.pdf
② https://www.soumu.go.jp/main_content/000495936.pdf
③ https://www.soumu.go.jp/main_content/000459801.pdf
④ https://www.soumu.go.jp/main_content/000544088.pdf

電話が普及する前は、電報があった。電報は発信人が電報局まで歩いて行って電報を打つ必要があった。電報局は、郵便局の中にあった。今でいう NTT 東日本・NTT 西日本と日本郵便とが、全国の郵便局に同居していたのである。

電話の普及の黎明期も、最初は、電報局 (郵便局) を中心の電話局として電話線が敷設され、交換手は電報局 (郵便局) にいたようである。しかし、電話の加入者数が増えてきて、また、自動交換機が導入され始めたので、ついに郵便局の中の電報フロアでは、スペースが足らなくなった。

そこで、ついに電話設備は郵便局から独立を果たし、新たに建立された電話局に移住した。これらの電話局は、電話のほか、専用線や、後に ISDN の設備が置かれた。電話局間の中継通信のために、デジタル交換機や光ファイバ技術が開発され、導入された。その後、ADSL 装置が導入された。さらに、光ファイバ装置 (フレッツ光の収容装置) が導入された。光ファイバ網の開放により、NTT 東日本以外の他事業者も、自らの装置をどんどん電話局に入居させた。

結果として、現在の NTT 東日本電話局は、さながら通信テーマ・パークや、デパートメント・ストアのような形相を呈し、おおいに複雑化し、多数の精力的な通信事業者たちも入り交じって、共存共栄的に発展・繁栄してきたのである。

これほどまでに電電公社の電話局が発展するようになることは、西暦 1970 年代後半に郵便局内の電報局から独立を果たして地域電話局を建立し始めた頃の方々には、想像できなかったことである。誠に素晴らしいことである。

今後も、引き続き、日本の NTT 東日本電話局は、NTT 東日本と、複数の通信事業者の相互協力関係により、さまざまな日本発の技術進歩と革新サービス開発の中心地、すなわち、素晴らしい通信ワンダー・ランドとして、発展・繁栄することは、間違いがないことである。

👉 NTT 通信用建物の呼称に関するマナー

NTT 東日本 /NTT 西日本の通信用建物の呼称としては「電話局」、「局舎」、「収容ビル」、「NTT ビル」、「営業所」等様々なものがある。これらの呼称を統一しようとする試みは、積極的になされておらず、どのように呼んでも自由である。

ただし、NTT 東日本愛好家におかれては、これらの複数の呼称には、それぞれ絶妙に異なったニュアンスがあることを忘れてはならない。インターネット上には、さまざまな「マナー」を呼び掛ける、根拠のない Web サイトが多数存在しているが、インターネットの技術や内部構造について示すために書かれた本文書では、まさに日本のインターネットの根幹を支える NTT 東日本通信用建物の呼称の重要性を、今一度整理しなければならない。

「通信用建物」という呼称は、NTT 東日本 / NTT 西日本の相互接続約款という契約書のようなものの条文に記載されている、この類の建物を指し示すときの法的な名称であり、自らが相互接続約款をよく読みこなしており、相互接続制度に関する真剣な議論を行なうことも厭わないという、強い決意を示す際に用いるとよい。

「電話局」という呼称は、通信用建物に有人窓口があった時代を彷彿とさせる呼称であり、長い NTT 東日本の歴史と人間味あふれるその電話会社的精神に敬意を払う意味を込めた、丁寧な呼び方である。昔は、電話料金の支払いは、電話局の有人窓口において行なっていた。

最近は、口座振替、クレジットカードまたはコンビニ収納が普及したので、電話局の窓口は、すべて廃止になってしまい、窓口スペースのために空いたスペース等を用いて、ついには、昆虫等が飼育されることに至ったのである[①]。

「局舎」という呼称は、NTT 東日本・NTT 西日本が国の組織 (日本電信電話公社) であった時代を彷彿とさせる呼称であり、その資産を承継した NTT 東日本関係者が国民共同の財産の承継人であることを決して忘れてはならないという意義を込めた公共的意味合いが含まれている。

「舎」とは、庁舎の「舎」から来ている。国民、市民の皆様のために、できるだけコストを節約した軽量な建物 (「牛舎」、「駅舎」における「舎」) というニュアンスが含まれている。ところが、最近は、役所の建てる「舎」は、平均的な民間建物と比較して、かなり立派である。

① https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20230119_01.html

「**収容ビル**」という呼称は、もはや有人窓口が存在しなくなった現代においてもなお、通信用建物には多数の電話回線や光ファイバ等の収容装置等の通信機器が設置されていることを自らは正しく認識をしており、いわばゴースト・タウンのように見えてしまう窓のない不気味なあの建物の真の素晴らしい価値を、自らはよく了解しているのであるという、建物の重要性に対する NTT 東日本関係者への敬意を表示するための、現代的な呼び方である。

しかしながら、「収容」という言葉は、前に述べたとおり、良くないので、「歓迎ビル」に変更するべきである。

「**NTT ビル**」という呼称は、通信用建物というものは、決して NTT 東日本 / 西日本だけが建立することができるという訳でもなく、誰でも、これから電気通信事業者となって光ファイバや電線を地域中に張り巡らせ、それらを収容する建物を地域内に立ち上げることはできるのであるという、通信事業者間の独立対等の精神を誇り高く掲げつつ、特に、「NTT の」通信用建物を明示する際に連呼する言葉である。

「**営業所**」という呼称は、NTT 東日本の通信用建物のうち一部には、今でも NTT 東日本の業務を担うための事務室や、NTT 東日本の工事を受託する施工会社等の営業所が存在し、地域内における NTT 東日本業務の中心的存在になっていることを、呼び主は了解し、そのことに敬意を払っている旨を表示する際に用いられる呼称である。

単に NTT 東日本に対する一顧客または事業者としての立場ではなく、NTT 東日本の業務に関して深く理解をしようとする関心を一応は有していることを示すために用いるとよい。

なお、NTT 東日本の通信用建物は、極めて大きく堅牢なコンクリート造りの建物であるにもかかわらず、人の出入りがほとんどなく、シャッターもすべて降りていて、窓も塞がれているという不気味さから、「ゴースト・タウン」と呼称する者が存在する。

ところが、NTT 東日本通信用建物は、上記のように、また、本文書でこれから述

べるように、極めて重要な日本の公共通信機能を果たしているのであり、現在および将来の、多数の通信事業者達のワンダー・ランドとして機能している、約束の繁栄の地である。

したがって、「ゴースト・タウン」という呼称は、NTT 東日本通信用建物に対しては、不適切であろう。

光ファイバ網 (地域、中継) や大量の装置群を構築・運営・管理するのは、上記すべてをこなす必要があり、極めて大変な仕事であるということが分かった。

これにより、NTT 東日本のような、光ファイバ網や局舎を構築・運営・管理する単一の事業体の必要性が明らかになる。すなわち、各 ISP がバラバラに NTT 東日本に代わって光ファイバを街中に引くこともできるが、広域的にこれを実現するのは、極めて大変である。よって、広域的にサービスを提供したいと考える ISP は、NTT 東日本のような、広域的事業者と手を組む必要があることになる。

なお、より狭い地域であれば、より小規模な資源だけでも光ファイバ網を構築することができる。ケーブルテレビ会社等は、市町村単位で光ファイバ網を構築し、NTT 東日本の設備を利用せずに、独立して提供していて、NTT 東日本よりも優れた品質やサービス、価格である場合も多い。小規模に成立していたケーブルテレビ会社を買収していき、巨大化する手法も存在する。

ISP が自ら全国的な光ファイバインターネットを提供しているように見える例が存在する。「NURO 光」は、そのようなサービスに見える。しかし、実際には NURO 光は NTT 東日本の光ファイバを利用 (相互接続) して、ネットワークを構築している。NURO 光の装置もまた、NTT 東日本の電話局に設置されている[①]。NTT 東日本と同等規模の光ファイバを自ら引いているわけではない。

西日本の例であるが、電力事業者系 (STNet、QTNet、オプテージ) 等は、NTT 東日本と全く同様に、独立・対等に自ら光ファイバを敷設している優れた事業者である。KDDI も東京 23 区の一部では自ら敷設している。しかし、KDDI のインターネットは、その他の多くの地域では、やはり、NURO 光と同様に、NTT 東日

① https://www.soumu.go.jp/main_content/000364694.pdf

本の光ファイバを利用 (相互接続) して、NTT 東日本局舎に装置を設置し、ネットワークを構築している[①]。

3　制度的要因 ― 強大な電話会社の権力の発生・集中の予防という人民からの要請

(1) 物理的要因のみであれば、NTT 東日本がインターネットまで含めて全部構築してしまえばよいという疑問が残る

ここまでの説明において、国土の多数の地域ごとに電話局を設置してそこを集約点にするような大規模かつ単一事業者による巨大電話会社事業の必要性を述べた。

これをまさに行なっているのが電話会社である NTT 東日本・NTT 西日本である。

そして、電話会社が、収容点同士を接続していけば、全てのユーザーが参加する巨大なネットワークを作ることができると言うことも述べた。これで電話会社の必要性は明らかになった。ところが、未だ肝心な疑問が 2 つ残されている。

(1)　現在のインターネットというものは、多数のユーザー主体の ISP 群が連合して構成されているネットワークであり、電話会社のネットワークとは完全に分離されている。なぜ、電話会社とインターネットが別々のものとして分離されている必要があるのかの疑問は解けていない。

(2)　また、仮に電話会社とインターネットが別々のものとして分離されているとして、この場合でも、インターネットに接続する経路そのものを電話会社が担えばよいはずであり、複数の ISP が存在する必要性に関する疑問も、残ったままである。

電話会社が、全部行なえばよいではないか。なぜ、ISP が必要なのか。なぜ、電話会社ネットワークとは別にインターネットが必要なのか。

---

① https://www.soumu.go.jp/main_content/000364694.pdf

少し考えると、「インターネットが国際的なものであるから、一国の電話会社だけではカバーできないためだ」という理由が思い付く。しかし、その理由だけでは、不十分である。その理由だけならば、各国の電話会社間で相互接続の協定を締結して、各国の電話会社のネットワーク同士をそのまま接続して、電話会社たちの連合体を主体にして、国際的なインターネットを成り立たせれば良いということになる。

電話会社たち以外に、ISP という存在が無数に必要な理由にはならないのではないか。このような疑問が生じるのである。

(2) 社会的システムの運営・管理権者における強大な権力の発生・集中の防止

上記の疑問は、極めて重大な、かつ、根源的な事柄であり、現代のインターネットの普及とデジタル社会形成の成功に至った背後的考え方の本質に密接に関連するものである。われわれがこの疑問を突き詰めて考えるとき、現在のコンピュータ・ネットワーク、システムソフトウェアおよびオンライン・サービスを成り立たせて、結果的に現在優位に立っている背景思想・価値観を知ることができる。

(3) 電話会社のような単一主体による強い権力の発生と集中を避けるべきという思想

上記の重要な疑問に対する回答の可能性の 1 つは、電話会社のような単一主体による強い権力の発生と集中を避けるべきであるという思想が、今のところ優位となり、結果的にそうなった、というものである。その考え方の場合、現在の分離は、社会的システムの運営・管理権者に必然的に宿ることになる強大な権力の発生・集中を防止するべきと考える人類たちの、過去の苦い歴史に基づく知見の結果であるということになる。

インターネットは、これからの人類の存続と発展のために特に決定的に重要であるから、人類は、電話権力者たちからのインターネットの分離と自律分散を強く保障するべきだという思想が生じる。これは、インターネットのような、大規模コン

ピュータ・ネットワークは、強力で依存性の高い社会的システムとなるであろう。単一の主体がこれを運営することによって生じ得る、強大な権力の集中・発生の弊害を、強く抑制する必要性があるという思想である。

仮にこの思想を支持する場合、要請されるものは、次の 3 つである。

第一に、電話会社ネットワークと、インターネットとの、明確な分離が、要請されることになる。

第二に、インターネット部分は、電話会社のような少数の管理的・権力的主体によって制度的に支配されるのではなく、多数のユーザー主体の自律分散機構 (これが多数の ISP 群である) によって事実上成立する状態を維持することが、要請されることになる。

第三に、そのインターネット部分の自律連合体には、知識能力を有する者であれば誰でも自由に参入することができ、電話会社のネットワークとの接続部分も、誰でも参入できる状態の保障が要請されることになる。

(4) 大規模コンピュータ・ネットワーク（インターネット等）は、最初は単なる日常生活を営むための補助的な道具に過ぎないので、単一組織が管理していてもよい

われわれは、大規模コンピュータ・ネットワークであるインターネットを、仕事のための便利な実用道具と、娯楽的な楽しみのためのエンターテイメントとしての、大きく分けて 2 つの目的で利用する。

仕事道具としては益々効率的な仕組みやサービスが、大規模コンピュータ・ネットワーク上で色々と供給されることを欲する。この需要に応じるために、自らも大規模コンピュータ・ネットワーク上で便利な仕組みやサービスを供給したいという意欲が生ずる。

娯楽道具としては益々面白い見世物 (コンテンツ) が色々と供給されることを欲し、この需要に応じるために、自らも色々な面白いコンテンツを供給したいという意欲が生ずる。

これらの道具や娯楽物は、当初は日常生活を営むための補助的な道具に過ぎない。

無くても良いが、あれば尚可という程度である。

(5) しかし、次第に、仕事や娯楽や社会生活そのものが、大規模コンピュータ・ネットワーク上で供給されるこれらの道具に完全に依存することになる

ところが、これらの道具は、便利で有益なもので、かつ、どんどんと進化していくので、次第に各自の仕事や個人の娯楽や社会生活の質を決定する程度の重要性を帯びてくる。

これがますます進行すると、あるとき、仕事や娯楽や社会生活そのものが、大規模コンピュータ・ネットワーク上で供給されるこれらの道具に完全に依存することになる。

(6) ネットワークへの依存が発生すると、ネットワーク管理主体に強大な権力が発生・集中してしまう

依存は、依存先の物の供給者に、依存者に対する強大な権力を発生させる。依存関係が深まると、権力はますます強くなり、絶対性を帯びてくる。

強大な権力を有する側は、依存者に対して、権力を行使し、不利の押し付けが発生する。

(7) 強大な権力の発生は、極めて危険なので、人類は、強大な権力の発生・集中を避ける方向に自然に動く

このように、強大な権力の発生は大変危険なので、人類は、本能的・無意識的に、権力への依存を避け、また、依存せざるを得ない強大な権力の発生・集中を避けたいと考え、そのように行動をすることになる。

そもそも、インターネットのような大規模コンピュータ・ネットワークの価値は、その中で、最初は初心者的ユーザーとしてネットワークの利用を開始した者 (道具を利用するだけの消費者的インターネット・ユーザーたち) が、その後さまざまな技術を習得し、想像力を働かせ、自ら他のユーザーに役立つプログラムやコンテン

ツ、オンライン・サービス等の道具や見世物や役務を提供することができる点にある。誰もが消費側になるだけでなく、自由に、事業者側・提供側にもなることができるのである。

これにより、既存の事業者の提供する既存の道具よりもより良い道具を、誰でも作り出すことができる。これにより、競争が発生し、技術革新が永続し、すべての人々にとっての価値が生み出され続けることになる。

(8) 大規模コンピュータ・ネットワーク等のシステムを、単一の者が支配・管理すると、必ず、技術革新を妨げ始める

さて、大規模コンピュータ・ネットワーク上のこれらの便利で楽しい豊富に供給される道具群やコンテンツ群は、大規模コンピュータ・ネットワーク上で自由市場が成立している限りにおいて、さまざまなものが、さまざまな供給者により、競争によって供給され得ることが保障される。そして、さまざまな道具に関する技術革新が進む限りにおいて、われわれは、1 つ 1 つの便利な道具に依存してしまう懸念は薄い。

仮に、1 つ 1 つの道具等が権力的な傾向を見せ始めたならば、それは利用者自らにとって危険に感じられる。その警戒感があるレベルに達したならば、できるだけ急いで、代替となる別のより良い道具を見つけるか、または、自らがそれの供給者になれば、強大な権力の発生・集中の危険は回避できる。これが、健全な状態である。

最近では、これが若干危険な傾向になりつつある。大規模コンピュータ・ネットワーク上の 1 つの道具に過ぎかったはずの、Google 検索エンジンやメールシステム、Facebook SNS システム、Microsoft や Amazon のクラウド・サービス等が、代替困難な依存先として台頭してきてしまっており、これらの強大な力を有するサービス提供者が利用者に対して権力を用いた不利な矛先を向けることは、間違いがない。

しかし、その程度が顕著になればなるほど、合理的でリスク管理能力を有する優れたユーザーたちの視点からは、もはや鼻持ちならなくなり、代替となるようなよ

り優れた競合的な道具を自ら色々と作り出したり、代替物を作り出す他の競合供給者を色々と支援したりするようになる。このことは、現在の権力を有する側の大手 IT 企業たちも予測することができる。

そのため、大規模コンピュータ・ネットワーク上の前記のようなさまざまな道具群を提供する大手 IT 企業達が、自らの利益のために、権力の矛先をユーザーに向けることが、ある程度牽制される。力があっても、無茶をすることができない状態になっている。

万一、大手 IT 企業達が、自らの利益のために、権力の矛先をユーザーに向けるような事態になっても、大規模コンピュータ・ネットワーク上での新しい発明物の発表・流通の自由や技術革新の自由が保障されている限り、ユーザーたちはさまざまな手段で対抗することができる。

すなわち、自由な大規模コンピュータ・ネットワーク上で提供される各道具については、代替可能性が保証されていることになる。道具供給者が危険な程度に強力な集中的権力を有する程度に至ることが、抑制されているのである。この力関係により、大規模コンピュータ・ネットワーク内では、原理的に、道具なコンテンツの供給側となり自由な技術革新を引き起こす自由が失われる危険を抑制できる。

ところが、上記のことは、「大規模コンピュータ・ネットワークそのもの」における自由が確保されていることが大前提である。

「大規模コンピュータ・ネットワークそのもの」が、いったん単一の者によって運営されることになり、完全にその者によって支配されると、その者に絶大な権力が生じてしまう。すると、権力を有する者は、容易くそのネットワーク内の行動の規制を開始することができる。

何でもよいので、色々と、正当に見える合理的理由を付けて規制をしてしまう。ネットワーク運営者は、そのような規制を制定し、さまざまなユーザーたちが自ら道具等を作って流通させようとしてもそれをうまく阻害し、その一方で、ネットワーク運営者が自らの規制下においても使える道具を供給し、その道具の利用をユーザーたちに強いることができてしまう。そして、大規模コンピュータ・ネットワークに対する完全なる権力的支配が確立される。

これが発生してしまうと、もはや手遅れである。その中では、もはや新しい技術革新はほとんど起きない。誰かが自然な技術革新を起こそうとしても、それに本来必要なコストを大きく超えるような、大規模コンピュータ・ネットワークを運営する権力者を喜ばせるための各種の接待・賄賂のコストとか、あるいは、権力者が制定する妨害的な規制をかいくぐるための技巧的方法の工夫のために、本質的に必要なコストの何十倍もの多量のコストが発生する。これでは、新しいものを生み出すどころではなくなってしまう。その結果、ユーザーたちはいつまでも不便な道具を押し付けられ、本来生じたはずの技術革新によって得られた利益との差額の大きな不利益を被る。ネットワーク運営者だけが多額の利益を得ることになる。

これは、倫理的な結果ではない。人間の発揮することができる価値実現の可能性を、一部少数の者の利益のために不当に妨げていることになるからである。

(9) 権力の発生を予防するに、大規模コンピュータ・ネットワークは、複数の主体で寄り集まり、分割的・自律連合的に運営する現象が生じる

上記のように、大規模コンピュータ・ネットワークにおいては、単一の運営者が恣意的にネットワークを支配することができる権力の発生を予防することが、何よりも重要となる。

単一の運営者がネットワークを運営するとき、必ず権力が発生し、権力が強大になると、必ず腐敗が発生する。そうであれば、これの発生を予防するための現実的解法は、大規模コンピュータ・ネットワークを、複数の主体で寄り集まって、分割的・自律連合的に運営するという方法であることになる。専決方式ではなく、決定権を多数の者に分散的するのである。

この仕組みにより、大規模コンピュータ・ネットワークで何か全員に影響がある変更を行なう際に、都度、合議的・民主的なプロセスが要求される。誰か力のある者が、何らかの規制を行なったり、影響を生じさせたりするとき、多数の分散した主体たちのうち一人でもこれを見抜くことができれば、その有力者は権力を得ようとしていると糾弾し、他の主体たちもそれに付和して反対の声を挙げるはずである。

このような衆人環視の仕組みにより、皆がすすんで同意するような内容でなければ、権力的な行為は実行不可能となり、自由と安全性が保たれる。

そこで、次の節では、インターネットにおける権力分散と自律性の確保が行なわれている仕組みを見ていくことにする。

第３章　インターネット界 ― 開放的・自由民主主義的な試行錯誤に基づく分散ネットワーク

前章の最後で、電話会社のような閉鎖的・強権的なネットワークでは、強大な権力が発生・集中してしまい、技術革新が妨げられることから、これを防止するべきであるという、インターネット的な思想を説明した。

それでは、インターネットの思想は、電話会社の思想と比較して、どのような点が異なるのであろうか。実際に、インターネットは、権力の発生防止のために、どのような制度と技術的工夫を行なっているのであろうか。これまでに述べた電話会社的思想と対比してみよう。

第１節　インターネットの本質 ― 自律連合による強大な権力の発生・集中の防止

(1) インターネットは、複数の主体による自律分散ネットワークである

インターネットは、大規模コンピュータ・ネットワークの１つであるが、複数の主体による分散構造がなされている。また、各主体は独立・対等であり、自らすすんで同意しない限り、他の主体によって設定される規制による影響を受けない。

このインターネット上における独立主体、すなわち AS (Autonomous System) と認められた者には、資格番号のようなものが付与される。これが AS 番号と呼ばれるものである。AS 番号は、要件を満たせば、誰でも取得可能である。そして、AS 番号を有するネットワーク主体同士の接続は、BGP (Border Gateway Protocol: 国境接続儀礼) という仕組みによって接続されている。全世界が網の目のように接続されている。

AS 番号を有する各主体 (AS) は、インターネットという全世界的連合体の中で、１つ１つが主権を有する誇り高い独立国として、自らの責任で AS の領域内を

統治し、AS 間においては他の AS との間で対等な関係を築き、外交的・互恵的に振る舞う (そうしないと、AS 間の信頼関係に基づくネットワークから阻害されてしまうためである。)。

AS は、インターネットにおける理論上の構造体の上であり、最上位である。各 AS より上位、すなわち、AS を超越して AS に何らかの影響力を行使することができる上位の権力的主体は、存在しない (ただ、実は、AS 番号を割り振ったり、剥奪したり、AS の運営に必要な IP アドレスを同じく割り振ったり、剥奪したりする資源管理主体が存在する。日本においては、JPNIC、または APNIC と呼ばれる社団組織である。そのため、ここに、絶大な権力が宿るリスクがある。そこで、そうならないように、各 AS の運営者たちが、このような資源管理主体を衆人環視し、透明性を強制的に確保させ、彼らが、何か不公平な悪さをしようものであれば、これを徹底的に糾弾して反省させ、場合によっては、経営権を入れ換えることができる仕組みになっている。)。

AS や BGP の仕組みについては、詳しく後述する。

(2) インターネットの思想は、(電話会社のような) 権力の発生・集中を回避する思想である

インターネットのような大規模コンピュータ・ネットワークにかかわらず、すべての人為的な社会公共システムの存続・発展の鍵は、そのシステム内でのユーザーの自由を充実させ、技術革新を促進する状態を維持することにあり、この自由を制限したり、技術革新を抑制したりしようとする強大な権力の発生・集中を抑制することが最も重要となる、という思想がある。

この抑制のためには、自律分散したユーザーのうち一部の能力がある者たちが連合して、すべてのユーザーを代表として、前記の強大な管理権力を抑制・制御する必要があることになる。

ユーザーたちが上位・主であり、管理者たちがその下位・従であり、ユーザーたちの総意が管理者たちに必ず適用される状態を保障する必要が生じる。この考え方は、「自由民主主義」と名付けられている。権力がシステムの管理者に発生するこ

とは、一応は、必要悪として認められても、その権力は、常にユーザーたちの衆人環視のもと厳重に規制され、それを逸脱しないように牽制をしなければならないのである。

ところで、これは単なる思想であり、決して、絶対的なものではない。しかし、この思想の基本的な概念が提唱され始め (約 800 年前)、これに基づいて社会公共システムが真剣に運営され始め (約 400 年前)、その基礎の上で産業革命が起き (約 200 年前)、豊富な科学技術が生まれ始め (約 100 年前)、その基礎の上で現代のデジタル社会の急速な発展 (約 50 年前から現代) が実現するに至っている。この思想は、すでに十分に実績が実証されているので、相対的思想に過ぎないといっても、現在は一見絶対的な価値があるように見える思想として君臨している (これを超える優れた実績のある思想は、未発見であるが、将来人類によって発見される可能性もある。)。

そこで、人々は、この自由民主主義的に基づくこれまでの成功体験により、この思想に基づく法則 (パターン) を、さまざまな社会公共システムに適用しようと努力する。インターネットは、特に重要な社会公共システムなので、これを確実に適用しようと、皆が努力してきたのである。

(3) システムの維持のために権力は必要であり、その制御が重要となる

権力そのものは、何らかのシステムを成り立たせるために常に必要である。もし、権力者がいなければ、いかなる公共的システムも、秩序を保てず、存続不可能である。

他方で、権力者の権力が強くなり過ぎると、一応システムは存続するかも知れないが、そのシステム内で自由が保障できなくなり、ほとんど革新も生まれなくなり、何らの意味のある価値実現も困難となる。何のためにシステムがあるのかよくわからない本末転倒な現象が発生し、システムは崩壊または自然消滅してしまう。

(4) 権力のクリーンな制御は、ユーザー（人民）による衆人環視と牽制およびユーザーを主人とする主従関係の維持で実現される

そこで、権力はやむを得ず必要であるとしても、その力の量は、そのシステムを成り立たせるために必要な仕事を権力者に担ってもらうために権力者に必要な最小限の分量に厳しく制限する必要がある。その制限の輪郭線を権力者に示すとともに、その線を逸脱したならば激しく警告をするのが、ユーザーたちの役割である。

権力は、常に、厳しく制約される必要がある。逆に権力を拡大させようとあえて努力する必要はない。なぜならば、権力は、権力者にとって心地良いものであるので、放っておいても自然に拡大する。権力が必要以上に小さすぎる状態になる心配はない。そして、権力の範囲の制限を権力者に対して課し、そのシステムを利用するユーザー同士でこれを衆人環視し、少しでも許容される輪郭線を逸脱したならば、直ちに権力者を糾弾して反省させ、それでもなお逸脱を改めない場合は、ユーザーたちの連合力を用いて権力者たちを排除し、もう少しましな者に交替させるか、ユーザーたちが全員脱出して他のシステムに移動してしまうという状況を維持する必要がある。

このような緊張状態を維持しているならば、権力を有する側は、制限の範囲を超えた行動を慎むであろうと期待できる。

このような健全状態においては、権力は「権限」と呼ばれるようになり、権力者は「管理者」と呼ばれるようになり、正統性を帯びたクリーンなイメージを持つように至る。これらの正統性は、ユーザーたちによって承認された状態となる。その正統性の承認の元で、管理者が適切に権限を行使することにより、システムに、長い安定と繁栄がもたらされる。この状況下においては、ユーザーたちは、管理者に命じ、システムを維持させる仕事をさせるのである。

このように、ユーザーたちは、システムの主人である。管理者たちは、主人たちに付き従う忠実な奉公人、使用人に過ぎないという関係を持続する必要がある。いかなる社会公共システムにおいても、存続と発展とその内部における革新を維持し、それを利用するすべての人に利益を生じさせるためには、この主従関係性を維持する必要がある。

(5) 論理構造を正しく構築すれば、電話会社のような強大な権力に対しても、外部的力で動かし、対抗できる

さて、上記の理論を正しく習得すれば、社会において最も強力な権力を有する力の主体を、外部から、少ない力によって、動かすことが可能になる。

人間社会における主体間の力関係は、すべて、相対的なものである。ある力が存在するとき、その力を有する者を外部的に動かすことが可能な理論が、必ず、1 つ以上存在する。社会的な各種の力関係を辿っていくと、その最上部に、極めて強力な力を支配している特別な主体を発見できる。このような強大な力を有する主体(たいていの場合、大企業、国の役所、有能な技術者集団等である) は、放っておくと、自己目的化し、他者を不当に支配しようとする。このような強力な力を、ユーザーの側から、不正な動作を予防するために牽制し、正しい動作を促すためには、最上位の権力に勝てる理論を構成し、最上位の権力を外部的に動かす必要が生じる。

いかなる強大な権力であっても、その権力の支配対象のユーザーたちによる支持なしには存続できない。このユーザー達の力の集合が、最上位の権力よりもさらに強い権力であり、強大な権力の絶対化を阻止することができる唯一の希望である。

権力に対する外部からの補正作用は、支配対象のユーザーたちの団結を理論上導くことができる言葉で提示される必要がある。実際にユーザーたちの団結を試みる必要はない場合も多い。たいていの場合、行なうべきことは、権力者に対して、言葉の組み立てによって、文章を構成してこれを示すだけでよい。そうすれば、権力者の側は、その内容により仮にユーザーたちの団結が生まれ、自らが糾弾される可能性を瞬時に計算し、それを避けるために、自らの方向性を自主的に修正するであろう。

このようにして、外部力によって、システム内の管理権力が絶対化・自己目的化しないように、健全な方向に向かわせる作業が必要である。そのような管理権力に対抗できるその時々の文章の具体的な理論構成の設計は、自らが支配を受けている対象システムの構造や動作原理の本質を十分熟知する各ユーザーそれぞれよって、

毎日のように、盛んに探求されるべき事柄である。その理論構成を設計する必要がある場合、普遍的なパターン (ソフトウェア工学で、「デザインパターン」という) を使う必要である。

上述の理論構造は、最も強力な社会的権力に対抗することができる理論を構築する際に、役立つ構造である。ある強大な権力に対抗しなければならないとき、このパターンを基礎として、現在生じている問題特有の構造や固有事情に適合するように変形させながら、理論構造を作り、文章化すれば、必ず、その権力よりも強い力を外部から作用させることができる。

われわれが大学等で勉強する理由のうち、最も重要なのは、一人一人が上記のような力を身に付け、権力に正しく対抗し、権力を制御するというものなのである。

(6) 少数のシステム権力に対抗する気概を持ったユーザーの存在が、権力暴走を抑制し、結果的に、権力者にとっても利益になる

システム権力に対抗する気概を持ったユーザーは、システム内に一定数存在すればよい (おそらく、5% 程度でも十分である。)。これら少数のユーザーたちにより、システム権力者たちを、十分に監視・牽制することが可能である。これらの作業は常に試みられる必要がある。

これらの重責を負った 5% くらいのユーザーたちは、決して油断をすることはできない。少しでも油断をすると、管理権力者たちは自己目的化に走り、システム内のユーザーに対する弾圧が発生し、自由は失われ、技術革新が生まれなくなり、システムは衰退・崩壊してしまうのである。

これを避けるために、権力者を衆人環視し、外部力を加えてこれを牽制し制御するユーザー本位の行動は、まさに、そのシステムに集っているすべてのユーザーにとっても、そして、結果的には、システムの存続発展が維持されることで、権力者自身にとっても、利益となるのである。

(7) インターネットでは、すべてのユーザーはいつでも独立して ISP 等と対等の主体になることができる

上記の思想に基づき、インターネットは多数のユーザー側主体 (ISP 等) によって自律連合的に構成されており、誰でも既存の ISP と独立・対等の主体としてインターネットに参加することが可能である。

そして、インターネット上の通信の仕組みは、インターネットに接続している任意のコンピュータの間で、任意の通信を行なうことができる。

そのための通信コストがほとんどかからないので、インターネットの特性を最大限に引き出した各種のコミュニケーションツールとして、さまざまなものが開発され、供給されている。

誰でも、TCP/IP と呼ばれるインターネットの基本的通信規則を少し勉強すれば、自らそのようなアプリやサービスを作って、自由競争の元、広く普及する可能性を有している。このようなインターネットは、電話会社の外部に存在する。

もちろん、インターネットにアクセスする場合は、文字通り、電話会社のアクセス回線を自宅に引く必要がある。しかし、電話会社はそれを単に土管として提供し、通信の内容について何らかの規制を行なったり、内容によって疎通したり遮断したりすることを決めることはない。

このような役割分離モデルであれば、強大な権力が発生・集中する恐れがある電話会社の設備を経由してインターネットに接続しても、その権力がインターネットの自由な情報流通の価値を妨げるおそれはなさそうなので、ユーザーたちは、安心して電話会社を経由して、インターネットにアクセスすることができる、ということになる。

第 2 節　インターネット構造 ― 電話会社との本質的違い

1　インターネットは、複数のネットワーク運営主体（AS）を BGP で数珠つなぎにうまく接続した、性善説に基づく、本質的に不安定なネットワークの上で、かろうじて確立される無償・無保証ネットワーク

インターネット構造の電話会社網との本質的違いの最大の点は、これまで述べた強大な権力を有する強権的電話会社と比較して、インターネットは複数の主体で自律連合・分散的に構成されている点にある。

インターネットの通信は、NTT 東日本のような単一または少数の電話会社によって、取り扱われる訳ではない。ユーザーがインターネット上のサーバーにアクセスしようとするとき、自宅から前述の強権的電話会社の網を抜けて ISP に到達した後は、サーバーとの間の通信は、相互に独立した直接の契約関係がない複数のネットワーク運営主体を数珠つなぎにうまく接続した、性善説に基づく、本質的に不安定なネットワークの上で、かろうじて確立される。したがって、インターネットは、可用性・安定性の面において、電話会社のネットワークの考え方と、本質的に相反するのである。

近時のインターネットは、それなりに安定してきているので、多くのインターネット・ユーザーは、あたかも、インターネットにいったん接続しさえすれば、自らと、インターネット上の任意のサーバーとの間の通信が、常時保証されるというような錯覚・誤解を有している。しかし、これは、全くの誤りである。そのような安定性の保証は、インターネットの構造上、不可能である。

2　インターネットの動作原理の簡単な解説

このことを理解するためには、インターネットの本質について、若干の深い理解が必要不可欠である。そこで、インターネットの動作原理について、簡単に解説をする。

インターネットの本質は、複数のネットワーク運営主体が、互いに自らのネット

ワーク・リソース (通信経路) を、世界に対して開放・共有する (持ち寄る) ことを宣言し、BGP (Border Gateway Protocol) というかなり自律的で自由なプロトコルで、通信経路を持ち寄った無数の主体同士が、手を取り合って世界をいくつもの輪で囲むようにして包み込んだ上で、その包み込みの網の目のいずれか一点と、別の一点との間で、通信が試行されたとき、電光石火のごとくその通信をうまく二点間で伝送するよう努力するという仕組みで構成されている点にある。

現在のインターネットの仕組みは、西暦 1960 年代 ～ 西暦 1980 年代、当初かなり局所的な行政的目的 (たとえば米国政府の国防総省内のある行政部署と、共同研究をしている大学間の、合計 3 個のホストコンピュータ間の相互接続の需要を満たすためであった) のために実験的に作られた数々の通信の方式や規約が、後に大変に人気となって、その方式や規約に沿った通信システムのソフトウェアをさまざまな主体が自作して接続し合い、それが結果としてうまく動作している、というものである。

インターネットを支えている各種方式、規約、運用方法は、法令等で定まっているわけではない。これらは、ボランティア精神が溢れる大学や行政や企業の研究者や技術者たちの自由な発想と試行錯誤によって事実上支持されているに過ぎず、また、動的なものであり、日々進化をしている。

インターネット全体は、時々深刻な不具合が発生するものの、技術者たちは、その時々の知恵に応じてうまく問題を回避し、回復を試みているのである。このように、まず、インターネットというのは、その全体的動作の安定性について何者かが責任を有している訳ではなく、インターネット内の任意の PC とサーバーとが正しく通信できることについては、何らの物的担保も、法的担保も存在しないことに注意する必要がある。

インターネット上で、2 つの通信主体が相互に通信しようとするとき、4 パターンが存在する。パターン (1), (2), (3) は、電話網と同じである。画期的なのは、パターン (4) である。以下で詳述する。

(1) 当事者間で単一のネットワーク運営者に閉じた折返し通信がなされるパターン

偶然、仮にこの 2 つの主体が同じネットワーク運営者と契約関係にあれば、この 2 つの主体の間の通信の可用性は、その契約によって保証され得る。つまり、当該ネットワーク運営者一者のみの設備だけで、確実に当事者間の通信ができることになる。もし通信ができなければ、それは、当該ネットワーク運営者の責任となり、責任追及し得る。

NTT 東日本の中だけで、電話の通話や、フレッツ網内折返し通信を行なっている場合は、このパターンに該当する。

(2) 当事者がそれぞれ契約する両端のネットワーク運営者間が相互接続契約を締結しているパターン

2 つの主体が異なるネットワーク運営者とそれぞれ契約関係にあるときでも、その 2 つのネットワーク運営者の間で、相互接続契約が存在していることがある。相互接続契約に基づき、それらの 2 つのネットワーク同士は、直接接続されている。両方のネットワーク運営者は、その相互接続契約に基づいて互いに自らの利用者の通信を相手方に伝送するべき旨を請求できる。そのため、この場合、2 つの主体の間の通信の可用性は、これらの契約関係の連結によって、保護され得る。

この関係は、電話網をイメージすると分かりやすい。例えば、日本には、複数の電話会社が存在する (NTT、KDDI、ソフトバンク、ケーブルテレビ会社、携帯電話会社等である。)。それらの電話会社間では、通常、必ず、相互に、「相互接続契約」が締結されている。これにより、自社の電話会社の顧客の通信は、他の電話会社の顧客と必ず通話することができる。もし通話に何か問題があれば (つながらない、音質が不良である等)、その原因は、(i) 一方 (自身) の電話会社の不具合か、(ii) もう一方 (相手方) の電話会社の不具合か、あるいは、(iii) その相互接続点の不具合かのいずれかの 3 点のうち 1 点に、確実に定まる。(i) 自身の電話会社に問題があれば、契約関係に基づいて、直接修理を請求すればよい。(ii) 相手方の電話会社に問題がある場合は、2 つの電話会社は相互契約関係にあるので、相互接続契

約に基づいて相手方の責任を追及することで、自己の電話会社は、顧客に対する責任を果たすことができる。(iii) 相互接続点に問題があれば、そこは共同部分なので、顧客に対してはそれぞれ自らの電話会社が修理する義務がある。すなわち、顧客に対する電話会社の関係としては双方が連帯債務関係となる。そして、電話会社同士の関係としては、隣接電話会社に責任がある部分については隣接電話会社に責任追及できる。これらの責任の連結により、電話会社は、必ず、顧客に対する責任を果たすことができる。電話網は、品質保証がなされているネットワークであるということができる。

(3) 当事者がそれぞれ契約する両端のネットワーク運営者間の間に共通のトランジット事業者が存在するパターン

上記の (2) のパターンだけでは、遠く離れた異国の電話会社同士でも、相互に契約を締結する必要があり、国際電話網の発達において不便であった。そこで、国際電話に代表されるような接続形態において、特定の宛先の集団の電話会社宛の通信を全部請け負う形の中間トランジット事業者が出現した。

当事者がそれぞれ契約する両端のネットワーク運営者間は、同一の中間トランジット事業者と接続契約関係にあるので、一旦のネットワーク運営者は、もう一旦のネットワーク運営者を宛先とした通信を、当該単一の中間トランジット事業者に託送して (伝送業務を請け負いさせて) 届けてもらうことができる。

これは、電力事業における、電力自由化制度の託送契約と同じようなものである。この際、両端のネットワーク運営者間と中間トランジット事業者との間では、必ず契約が存在し、その契約に基づいた義務の履行として、託送がなされる。よって、中間トランジット事業者の設備不具合があった場合でも、顧客に対する責任としては、顧客が契約する電話会社が、託送を担っている中間トランジット事業者に責任追及すればよく、これにより、電話会社は、顧客に対する責任を必ず果たすことができる。

このように、インターネットが登場する前の電話会社のネットワークである電話

網においては、基本的に、上記の (1), (2), (3) のパターンいずれかしか存在しなかった。いずれのパターンも、通信を行なう当事者 2 者の間の通信の可用性に対する責任は、事業者間の契約関係によって、何らかの形で担保されていることが分かる。契約関係上どこかに穴があるというような例外的場合を除き、いずれの場合も、無責任状態に陥ることはない。したがって、電話網の可用性は、制度上担保されてきたといえる。

ところが、インターネットが画期的だったのは、その動作原理上、以下の (4) のパターン (素晴らしい無責任パターン) を積極的に容認したことにある。

(4) 当事者がそれぞれ契約する両端のネットワーク運営者間との間の通信を 1 個または複数の契約関係にないネットワーク運営者たちが数珠つなぎ方式で送り届けるパターン（素晴らしい無責任パターン）

インターネットの革命性は、当事者がそれぞれ契約する両端のネットワーク運営者間が直接接続されておらず、その間に、全く契約関係のない複数のネットワーク運営者間が「トランジット」として介在し、そのトランジット経路を経由して通信が流れるという形態を、通信の仕組み上、積極的に許容した点にある。

この、インターネットにおける独特のトランジット通信は、(3) のパターンような単一の中間トランジット事業者と両当事者とが接続契約を締結していることを全く要しない。間にトランジットを提供するネットワーク運営者が複数存在するパターンも豊富に存在する。それらの間で連鎖的契約関係、言い換えれば、通信に不良が生じた場合に顧客に対してその不良を修理する責任を果たすことを確実化する制度的な関係が存在しない。

このかなり自由で自律的なトランジットの仕組みにより、直接契約関係なく、また品質について何ら保証をすることもなく、実験的に自作したネットワークや機器、通信ソフトウェア等を持ち寄って、次々につないでいき、世界全体を網の目で覆うことに成功したのが、現代のインターネットである。通信経路上において連鎖的契約関係を必要としないことから、誰でも、ボランティア的に自分のネットワーク通行権を、全く見ず知らずの人たちのネットワーク同士の通信経路として、世界

中の通信ユーザーに対して、無償で差し出すことができるようになっているのである。

3　インターネットは、互いに独立関係にある領主が連合を組み、人民が互いの領土を "勝手に" 通ることを相互承認したネットワークである

(1)　概説

物理社会におけるイメージで考えると、インターネットとは、互いに独立関係にある領主が無数に存在する大陸のようなものである。このイメージの世界において、各領主は、自らの領有地を、通行人との直接契約関係がなくても自由に誰でも通行してよいと宣言して開放する、気前の良い領主達の任意の隣接地域間の接続同盟のようなものに参加している。

従来、領主達が隣接地域との間で関所のようなものを設置して、許可を得ないと通過させないとか、税金を支払えというような形で収入を得ていたのを、全体的利益を優先して考えて同盟を組み (しかも、その同盟は何ら法的に担保されている同盟ではなく、明文化もされておらず、事実上のムーブメントに過ぎないボランタリー精神的なものである)、一々通行チェックしないことにしてみたら、その領主達が存在する大陸全体が大いに発展して、すべての領主たち (インターネットの運営組織達) は、大いなる共同の利益を受けた、というものである。

(2)　契約関係がなくても通ることができる裏路地のような共同ネットワーク

上記のような領主たちの例において考えると、インターネットでは、各領主は、隣接する領主との間でだけ、契約を締結している (していない場合もある) のである。隣接地点においては、通行する人を妨げないとか、我が方からの通行人が多ければ我が方は相手方に差額の料金を支払うというような最低限の契約があり得る (契約がろくに無い場合も多い)。

ここで極めて重要なことは、各領主は、世界中に存在する直接隣接関係にない他

の領主たちとの契約関係が全くなく、そもそも会ったことすらなく、互いの存在すら、個別具体的に意識していないということである。間接的につながっている少し離れた別の領主のところからきた通行人を、自らの領域を通過させる際、領主とその通行人との契約関係も、また、領主とその通行人の出発元の領主との契約関係も、一切存在しない。契約関係がないので、領主は、通行人に対して、原則として、品質維持責任を果たす義務がない。何か聞かれたら、領主は、「貴殿が、通過したければ、我が領土を自由にかつ無許可で通過してもよいが、我が領土は最近結構混み合っておるので、スムーズに通過できるかどうかは、保証しない。嫌ならば、通過しなければよいであろう。」と宣明するくらいであろう。

もちろん、領主が意図的に自領土を通過する通行人に対して、加害をした (たとえば、通信内容を勝手に書き換える) とか、領土に危険なものを放置していてそれが原因で通行人が死傷した (たとえば、落とし穴のようなものができていて、それをあえて放置し、全通行人がそこに落ち込んで地面の底に吸収されてしまう) とかであれば、それは別の次元の問題で、そのような領置を管理する領主には、加害者として、大いなる責任が生じる。

しかし、そういった意図的な加害でない限り、領土の中が最近ある程度混雑しているとか、または、大雨で地面がぬかるんでいて、いまいちスムーズに前進できないいうことがあっても、その領土の領主としては、その状況を意図的に作り出して通行人に対して加害しているという訳ではなく、ボランタリー的に自分の領土の通過を許容しているだけに過ぎないから、高い品質を常時保証する責任が生じない。

(3) ベストエフォートという品質概念

インターネットにおいては、上記のような各通過地における領主の責任のイメージをもとに、「ベストエフォート」 (できるだけ努力する) という品質概念が形成された。すべてのインターネットアクセスを提供するネットワーク運営主体は、ユーザーに対して、決して通信品質を保証しない。仮に品質を保証せよとしたならば、上記のイメージにおける世界中の領主は、他の全領主と契約を締結する必要があることになってしまう。しかし、領主の数は数万にものぼるし、毎日のように増加し

たり離脱したりするので、全員と契約することはできないのである。

インターネットへのアクセスを提供する典型的なネットワーク運営主体は、商用ISP (インターネット・サービス・プロバイダー) であるが、ユーザーの通信相手先が偶然自らの ISP 内の他の顧客のサーバーであるとか、直接接続契約を締結している他の ISP 上のサーバーであるというような稀な場合を除き、ISP は、通信品質は保証しない。品質保証をしないという意味は、速度が低下したり、通信内容が欠落したりすることがあるというだけでなく、そもそも、特定の通信相手との間で、全く通信ができない場合もあり得るという意味である。

通信をしようとする通信当事者間を偶然に結ぶ経路の間のいずれか 1 点の領主の設備に問題があり (たとえば、ルータと呼ばれる装置のメモリの特定一ビットが故障していてビット反転が起きる等)、そこで一定の条件を満たした通信内容が、常に損傷して、パケットが滅失しまう問題も、容易に発生し得る。

通信パケットの長さや性質によってだけ通信切断の問題が発生するようなことも多く、なかなか気付かれない。善意に満ちたプロバイダが、その原因を究明しようとしても、途中の領主の土地に立入って管理者として色々調査しなければ分からないことが多い。ところが、それは、他の領主の主権を侵害することになるので、できないのである。

(4) インターネットは世界最大級の無責任・無保証な自由ネットワーク連合

このように、インターネットは、かなり自由奔放な相互独立した領主たちの自主的同盟によって互いに連結され、何か不具合があってもどこが原因でそれが生じているのかなかなか分からず、さらに意図的に発生させた加害行為でもない限り、不具合を生じさせている途中通過点の領主に対して責任追及ができないという、良い意味で、かなりいい加減な仕組みで成立している。

言ってみれば、インターネットは結構無責任な世界最大のネットワーク相互接続連邦である。

(5) 電話会社はインターネットに懐疑的で、かつ、成功すると困るので抵抗をした

したがって、インターネットの黎明期 (1960 年代以降) においては、こんなものがうまく成立する訳はないという主張がなされた。電話会社はインターネットに懐疑的であった。

さらに、このようないい加減なネットワークが万一それなりにうまく成立してしまったならば、品質保証で高い対価を得てきた電話会社の課金ビジネスが、すべて崩壊するリスクがある。そこで、電話会社は、インターネットの成立にかなり抵抗してきた。

前述したとおり、電話会社とインターネットは、1965 年の大衝突事件 (1965 年に米国空軍のポール・バラン氏がパケット通信の仕組みを米国電話会社 (AT&T) に提唱したところ、大反対されて、拒絶された。) 以来、犬猿の仲である。

ところが、そのような抵抗に遭っても力強く前進し続けた全世界のインターネット研究者たちの努力により、実際のインターネットが形成されてきた結果、その無責任性とトレードオフの関係として、ほとんど無料同然で、全世界の通信相手と、それなりに良い性能で通信ができているという利点が実証された。そして、実際にインターネットはそれなりに安定してきたので、商用でも利用できるようになり、現代社会において、大いに普及したのである。

そこで、昔は声を大にしてインターネットに反対していた電話会社たちも、現在は、何食わぬ顔をしてインターネットへのアクセス回線を提供し、大きな利益を挙げているのである。

このようなインターネットにおいて、仮に品質を担保するために契約の締結をし始めると、現在のような全世界的通信機能は、現在のような月額数百円 ～ 数千円の安価な価格では、決して実現されなくなってしまう。

このように、インターネットの無責任性は、それによって得られる利益のほうが桁違いに大きいので、全世界のインターネット・ユーザーおよび運営関係者集団によって、今のところ、支持・承認されてきているのである。

👉 インターネット経由の通信の多くが、ユーザーが所属している ISP とサーバーの接続している ISP のいずれの直接的契約先からもコントロール外にあり、通信の可用性が保証されていないのではないかという問題提起については、インターネット事業者たちから、次のような反論が予想される。すなわち、理論上は確かにそうかも知れないが、実際上は多くのケースでは、商用 ISP には上流トランジット事業者があり、またその上のトランジット事業者があり、これを順に辿れば、Tier1 という最上流のトランジット事業者に行き着き、これらのトランジット事業者間は、上流が下流に対する契約上の履行責任が必ず存在し、そこに品質保証が付随しているから、全体として、ユーザーとサーバーとの間の通信は、必ず保証されているはずである、という反論である。

しかし、その反論は成り立たない。たとえ事実上そのような場合が多いとしても、必ずすべての場合で、上記のような契約ベースのトランジットを経由することは保証されていないが、それを無視して考えて、仮にすべての経路が契約ベースのトランジット回線を流れる場合であったとしても、以下のようなさまざまな穴が存在する。

第一に、契約ベースのトランジット回線は、市場で手に入る大手の最も高品質なトランジット回線契約条件 (SLA: サービス品質保証約款) を確認しても、実は、可用性は保証されていないのである。たとえば、IIJ 社やソフトバンク社の専用線トランジットでは 30 分以下の、NTT PC コミュニケーションズ社の専用線トランジットでは 1 時間以下の完全通信断が起こっても、これらは、契約上完全に免責される契約になっている[①②③]。また、保証というからには、いわば担保のようなもの (保証違反が発生した場合の損害賠償 = 違約金の支払義務) が必要であるが、仮に 1 時間もの完全通信断が起こったとしても、月額料金のわずか約 3% ～ 20% しか賠償 (返金) されない。このように、かなり少ない金額の賠償額の制限が契約上規定されてしまっている。30 分 ～ 1 時間程度の通信障害が発生しても、それはトランジット事業者によって免責されてしまうのである。これらは、前記で述べた IIJ、ソフトバンク、NTT の 3 社の品質が低いという意味ではない。むしろ、これら 3 社

① https://www.iij.ad.jp/svcsol/agreement/pdf/REG002.pdf
② https://www.softbank.jp/biz/nw/internet/lineup/ether_access/sla/
③ https://www.nttpc.co.jp/service/product/mastersone/#contents--sla

の品質は日本国内でも世界中でも最上級である。それでも、前述の水準しか実現しておらず、30 分以内、または 1 時間以内の故障が発生しないということは、契約上、保証されていないのである。

第二に、商用 ISP というものは複数の上流 BGP トランジットを束ねているので、上流 1 社で 30 分 ～ 1 時間の通信断が発生しようとも、BGP の仕組みで瞬時に他の正常な上流に切り替わり、影響はないはずだという反論が考えられる。しかしながら、ある商用 ISP が、たとえ複数の上流回線を束ねて万全の体制を整えていても、上流 ISP との BGP リンクが完全に切れるようなきれいな障害は別として、上流 ISP のバックボーン部分の故障の様態によっては、BGP リンク (制御用通信) は切れずに、通信パケット本体 (実際のユーザーの通信) だけ消失するという障害が発生し得る。この場合、他の正常な上流に自動的に切り替わらないので、結局、通信障害の継続時間は、故障時間と同じだけ生じる。

第三に、上記の点をいずれも無関係に考えても、そもそもトランジット契約が保証するのは、そのトランジット事業者が隣接する接続先 (対等なピアと呼ばれる接続先、または上流の接続先) との接続点までであり、それより先の部分で、特定の相手先と何らかの理由で通信ができなかったとしても、それはコントロール範囲外の無関係部分なので、修理せよという責任追及ができない。

第四に、これは技術的な点を超えて、実際の可用性の「保証」というものの本質に関わるものであるが、上記の点をいずれも無関係に考えても、通信経路を辿ると、外国の通信事業者を経由している場合が生じ得るが、仮にその外国事業者に過失または故意があったとして、外国事業者は日本国の法律に従っておらず、その外国の通信事業者を責任追及するには、当該外国の裁判所に訴える必要がある (なぜならば、たとえ日本の裁判所に訴えてもし勝訴したとしても、当該外国の事業者は日本に資産を有しておらず、当該外国の事業者に対して物理的に執行できない場合が多いため、意味がないからである。)、世界には無数の異なる法や習慣が存在するので、例外的な場合を除き、ほとんどの国の事業者に対して、事実上責任追及ができない場合が多い。

第五に、たとえすべての上流トランジット事業者が正常でも、インターネットに BGP 接続している全世界中の任意の第三者は、通信をしているユーザーとサーバーの 2 つのグローバル IP アドレスを包含する /24 という細かい単位 (256 個

単位) の IP アドレス群をインターネット上でいつでも誤って、または故意に広報することが可能であり、この場合は、BGP のレイヤの正常な動作として、トラフィックはその誤った第三者のルータに向けてすべて吸い寄せられてしまう。このような事故または不正は、しばしば発生している。インターネット上では、他人の IP アドレスは、簡単に乗っ取られるのである[①②]。これは、いずれの上流 ISP にも責任がなくとも、無関係の第三者の加害者による不法行為によって、突然自分の IP アドレスが通信できなくなってしまうことを意味する。この問題が発生した場合は、人間的プロトコル (電子メールや電話などの他の手段) で、さまざまな関係者に連絡して、過失または不正行為を行なっている当該第三者をインターネット全体から切り離してもらわなければならないが、それには 1 時間以上かかるであろう。この BGP 経路ハイジャックという手法の興味深い点は、「大半のユーザーは通信ができるが、一部のユーザーは通信ができない。」という、結構致命的な問題が、世界中のわれわれと全く無関係の第三者によっていつでも発生させられてしまうという点にある。今のところ、インターネットにおけるこの BGP ハイジャック問題に対する現実的に有効な技術的解決策がないので、これは、困った問題である (BGP 経路情報をデジタル署名するという規格は策定されたが、ほとんど普及していない。)。

よって、仮に商用 ISP の上流を含めた全体をみて商用トランジット契約が成立していたとしても、ユーザーとサーバーとの間の通信の可用性は保証されない。

そして、われわれが注意しなければならないのは、「通信の可用性が保証されている。」という状態と、「通信の可用性が保証されているような気分に浸ることができて安心である。」状態とは、全く異なるということである。本文書で指摘しているのは、インターネットでは、原理的に、前者の保証は成り立たないのではないかという点にあり、後者の話題ではない。インターネットに関する検討を行なう場合、この 2 つの話を決して混合しないように注意することが重要である。

① https://xtech.nikkei.com/it/article/COLUMN/20090225/325481/
② https://gigazine.net/news/20180425-amazon-route-53-hacked/

第 4 章　電話会社とインターネット思想の融合 ―NTT 東日本の「フレッツ」「NGN」の成立過程における技術革新

第 1 節　これまでのまとめ

第 1 章で、「電話会社とインターネットは根本的に対立している」と述べた。第 2 章では電話会社の思想を説明し、第 3 章で、これと対称的なインターネットの思想を見て、対比することにより、この 2 つが正反対のものであるということが分かった。

すなわち、電話会社の思想というのは、単一の主体が、計画主義的・強権的・閉鎖的に大規模なネットワークを構築・運営することが素晴らしいというものである。これは、光ファイバや電話局のネットワークを全国に張り巡らし、画一的で大規模にスケールするネットワークを構築・運営する際における品質管理やコストカットに役立つ思想である。一方、一度そのネットワークが成立してしまったら、独占状態となり、技術革新は阻害される。そして、電話会社は、権力を持つことになるので、ネットワークそのものやネットワーク内におけるユーザーの技術革新も阻害する方向に働く。

他方、インターネットの思想というのは、複数の主体が、試行錯誤的・民主主義的・開放的に大規模なネットワークを構築・運営することが素晴らしいというものである。これは、ユーザーであれば誰でもネットワークの担い手として参加することができるというものである。その品質は比較的低いが、BGP というプロトコルを発明したことにより、品質が低くても、何とか通信できる仕組みを生み出した。そして、ユーザーがいずれかの AS に接続すると、他のすべての AS に、AS 間を数珠つなぎのように、また、裏路地を通っていくように通信することができ、全世界的に地球を覆う大規模ネットワークが成立してしまったのである。この全世界

的通信コストの低さが、品質の安定性を 100% 求めるべきであるとする電話会社の思想に勝ったので、これに基づいてインターネットが主となり、電話会社ネットワークは、従の関係となっているように見える。

ところが、インターネットの発達においては、電話会社は、決して従ではなく、むしろ、(インターネットに対抗しようとした結果かも知れないが) 極めて大きな主体的役割と貢献を果たしているのである。

この章では、NTT 東日本のフレッツ網および NGN 思想の発達において、NTT 東日本に関して発生したさまざまな現象を研究し、それらがインターネットの形成に与えた貢献内容をみる。

第 2 節　電話会社（NTT 東日本）のフレッツ網成立期において内部的に生まれた世界最先端の素晴らしい試行錯誤と通信技術の数々

(1) 電話会社の思想で閉鎖的・強権的 IP ネットワークを作ってみようという壮大な社会実験 = NGN

すべての思想は相対的である

インターネットは自律分散的で自由を保障しており、かつ、電話会社のような強力な管理権力者から独立していることを特徴とする。

ところで、このような自由民主主義的な開放ネットワークを良しとする思想は、単なる相対的な価値観の問題である。

学問や事業活動、政治等の意思決定において避けるべきことは、1 つの思想を絶対的なものとして取り扱うことである。すべての思想は相対的なものなので、われわれは、それらを一応は対等なものとして並べて、研究・実験評価の対象として取り扱うべきである。われわれが絶対視するべきなのは、思想ではなく、現実の現象、実験結果である。思想を現実に運用した場合、結果として良いものが、現実的に正しかったということになる。結果が良くなかったものは、現実的に間違っていたということになる。現実を無視して、正しいか間違いかを決めることはできない。

すると、前述したように、電話会社を中心とした光ファイバ等の通信インフラ領域は、本来、ハードウェア本位、通信事業者 (NTT 東日本等の電話会社等) 本位、管理権力者本位であり、権限や責任の集中価値の実現の思想で構築されてきたが、この考え方のほうが、現在のインターネットを成り立たせている自由民主主義的考え方よりも、実は正しいという可能性もあり得るのである。

電話会社がすべてを管理するような閉鎖的なネットワークよりも、本当にユーザーのために良い結果を生むのだろうか、それは単に仮説に過ぎないのではないか、ということである。

いずれの思想が現実に際して正しいかを比較検討する壮大な社会実験が必要となる

仮に、電話会社が (または、電話会社の国際連合体が) 主体となって、素晴らしい閉鎖的・強権的な巨大なネットワークを作れば、その閉鎖的・強権的なネットワークのほうが発展するのではないかという仮説の主張が可能である。

この場合、実際に実験をする必要がある。

インターネットに代わる強大な閉鎖的ネットワークを、電話会社が本当に自ら作り、それがどの程度まで発展するかという、膨大な社会的実験が必要である。

最近の現実をみると、インターネット的な自由民主的思想に基づく世界規模のネットワークの運営と並行して、電話会社的な強権主義・計画主義の閉域的・強権的ネットワークを、本当にその思想に基づいて作るという、奇想天外な実験を行なう、電話会社というものは、合理的経営観点から、今となっては、決して現われなさそうである。

インターネットに賭けたほうが割が良さそうであり、明らかにリスクが高すぎるように見える。だから、普通はまともな会社であれば、誰もやろうとしない。

NTT は本当に閉域 IP 網を作るという社会実験を成し遂げてしまった

しかし、このような壮大な実験を本当に試みた大規模電話会社が少なくとも 1 社 (グループ) 存在する。それが、日本の電話会社群である NTT グループである。しかも、実験として考えるのではなく、真剣に、自由民主主義的なインターネットよりも、電話会社単体の閉域的・強権的ネットワークのほうが、絶対に繁栄する結

果になると信じて、事業計画としてこれを本気で推進してみたようなのである。

これは、局所的トライアルではなく、全国的に、このような閉域ネットワークを作ってみたのである。このインターネットと本質的に異なる思想を有する、電話会社主体の閉域的・強権的ネットワークのことを、「NGN」 (Next Generation Network: 次世代ネットワーク) と呼ぶ。

現在、NGN とは、フレッツ光のインターネット接続サービスのための高速・快適な土管の役割を意味している。ところが、NGN の思想は、インターネットと真逆であった。インターネットは単なる一時的・過渡的な現象であり、正しくない状態であって、本来は、電話会社の家父長的な強い支配のもと、計画主義的にすべてのルールを定める秩序立った「正しい理想的ネットワーク」である NGN が成立するべきであり、それが成立したならば、これまで「正しいネットワーク」がなかったことからやむを得ずインターネット上に乗っている多数の人民のサービス群は、より優れている NGN のほうに次々に移行してきて (もし移行して来なければ、電話会社の強権力を使って半強制的にでも移行させるように促して)、やがて、インターネットは不要になり、完全な支配と安定がもたらされるという思想が、NTT には、根本的に存在したのである。

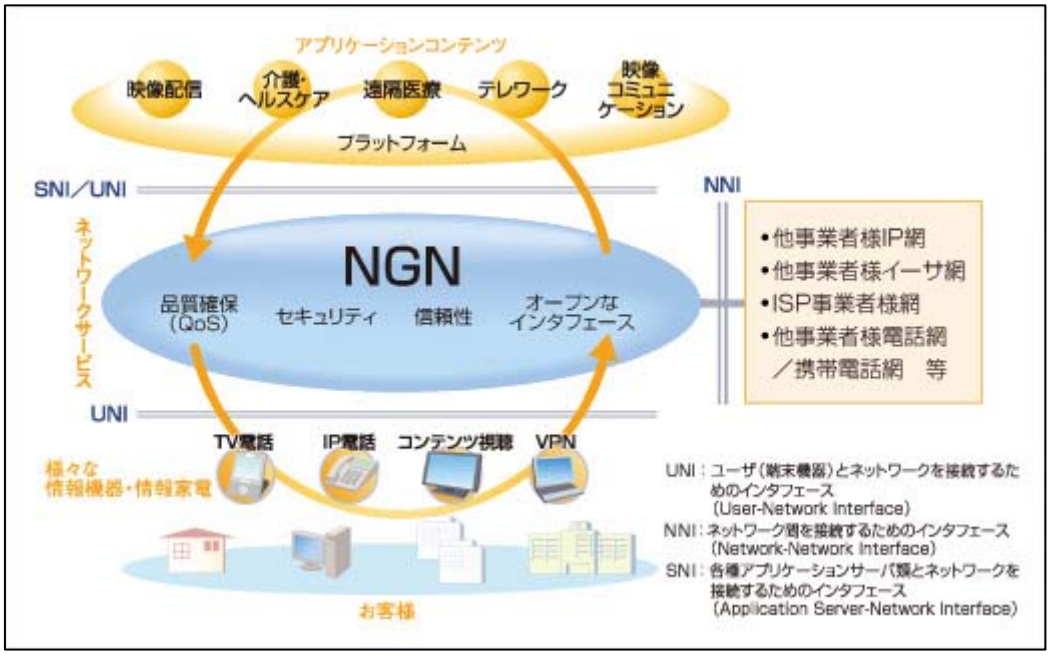
この思想の元では、NGN を経由してインターネットに接続するという機能は、NGN の豊富な機能のうちごく一部の、経過措置的な非本質的機能に過ぎない。

(2) NGN 思想は、インターネットと隔離された閉域ネットワーク内にさまざまなサーバー群が宿るというものであった

この NTT の NGN 思想は、真剣に、電話会社主体の閉域ネットワーク内に、さまざまな豊富なオンライン・サービスが宿ることになることを前提として、膨大なコストをかけて、西暦 2000 年代から構築されていった。

NGN に関する初期の資料には、「オープン & コラボレーションをキーワードに、他事業者の方々とネットワークを相互接続するとともに、異業種・他業界の皆様と協業して、新しいサービスや価値を創造します。」、「NGN では、新たなアプリケーションサービスを、誰もが自由に創造していけるよう、UNI、NNI、SNI と

いう 3 つのインタフェースを規定し、これらの仕様を公開しています。」と記載されており、「アプリケーションコンテンツ」として、「映像配信」、「介護・ヘルスケア」、「遠隔医療」、「テレワーク」、「映像コミュニケーション」等の例が記載されている。「様々な情報機器・情報家電」として、「TV 電話」、「コンテンツ視聴」等の例が記載されている①②。



このように、西暦 2020 年代においてインターネット上で豊富に提供されている各種のサービス群は、NGN 構想においては、NGN 網内に多数設置される想定であった。そのために必要な「SNI」 (Server-Network Interface: NGN 内にサーバーコンピュータを設置するための規格やシステム) も、とても詳細な仕様書を含めてかなりオーバースペック気味に規定されていた。誠に理想的なサーバー設置環境であった。

① https://www.ntt-east.co.jp/aboutus/ngn_about.html
② https://www.ntt-east.co.jp/info-st/mutial/ngn/sankou.pdf

(3) NGN という壮大な社会実験によっても、閉域網の内部では、インターネットのような繁栄は生じなかった

それで、結果はどうなったか。NTT 東日本は、実際にこの壮大な NGN 高速を、社会実験としてではなく、本当に真剣に 20 年間かけて実施した結果、電話会社の閉域ネットワーク内に、「映像配信」、「介護・ヘルスケア」、「遠隔医療」、「テレワーク」、「映像コミュニケーション」、「TV 電話」、「コンテンツ視聴」等のサービスが、豊富に発生して、これらがインターネットのように大いに繁栄することは、結局、起きなかった。結果は、極めて少数のサービスやコンテンツしか発生しなかった。

NGN においては、その計画主義性と自由度の低さが原因で、インターネットの思想に馴染んでいるさまざまなサーバー設置者たちが、実際に NGN 内にサーバーを設置したくなるような意欲が、ほとんど出現しなかったのである。

ユーザーも、NGN 閉域アプリケーションについては、ほとんど関心を示さなかった。むしろ、最後まで存在を知らなかった。

例えば、NGN には、電話をしながら写真やファイル共有などのデータ通信ができる機能があると、公式サイトに記載されている。この Web サイトをみると、「通話をしながらコミュニケーションもお楽しみいただけます。」と書いてあり、「この間の試合の写真送るね !」、「やったー ! ありがとう !」という、楽しそうにテレビ会議をしながらファイルを共有する様子のイラストが記載されている[①]。これを実現するための極めて小規模にしか普及しなかった NGN 専用のアプリケーションやツールが存在する。このような利用を実際に NGN で行なっている人を見たことはあるだろうか。恐らく、いないのではないか。単に少ないというだけでなく、1 人も発生しなかったという可能性すらある。

これは、インターネット上で、誰もが、Skype や NetMeeting、最近は Zoom、Teams、Slack、LINE 等を用いてこれを行なうユーザーは豊富に存在することと対称的である。

---

① https://flets.com/hikaridenwa/service/dataconnect.html

結果として、実際に西暦 2000 年 ～ 西暦 2020 年の間に起こったことは、「映像配信・コンテンツ視聴」はインターネット上のサービス (YouTube、Netflix、Amazon、ニコニコ動画等) が、「ヘルスケア」もインターネット上のサービス (各種健康デバイスの情報のクラウド型管理) が、「TV 電話・映像コミュニケーション」もインターネット上のサービス (Zoom、Teams 等) が、「テレワーク」もインターネット上のシステム (Dropbox 等のクラウドファイル共有システム、Slack 等のチャット・システム、シン・テレワークシステム等のリモートアクセスシステム等) が、多様・豊富に競争的に出現して普及したことである。

結果的に、インターネット上の豊富で多様なサービスやコンテンツ群が、NGN に対して、圧倒的な勝利を収めた (より正確には、勝利というよりも、戦いすら発生していない。インターネットの側のプレイヤーたちは、そもそも、この素晴らしい電話会社の NGN 壮大の存在すら、認識していなかったと思われる。)。

よって、インターネット的自由開放ネットワークと、NTT 東日本的強権的計画主義閉鎖ネットワークとの 2 つの思想の闘いは、20 年間を経て、今や、インターネット思想の圧勝に終わった。これにより、壮大な社会実験は完了し、初めて、現実の問題解決に対して、インターネット的自由開放ネットワークの思想のほう

が、「現実的に正しかった」ということができる状態になったのである。

(4) NTT 東日本の NGN の閉域ネットワーク上の IP 通信アプリやコンテンツ・サービスの思想は、B フレッツのフレッツ・スクウェアやフレッツ・ドットネットまで遡ることができる

このように、NTT 東日本の強権的・閉鎖的 NGN 網におけるサービスの繁栄という意味では、インターネットに勝ることはなかったが、実は、この思想において、NTT 東日本は、閉域網の内部で世界初の画期的なサービス (世界の IT 事業者がこれに追い付いたのは 10 年 ～ 20 年後である) を、いくつか作っており、これらは、大いなる価値を生じさせた。

NGN 内の閉域ネットワークにおいて、「映像配信サービス」や「電話をしながら写真やファイル共有などのデータ通信ができる機能」等の、今はインターネットに見られるような壮大な構想が打ち立てたが、そのような構想の基礎となるソフトウェア技術として、B フレッツ (NGN の 1 つ前のバージョン) の「フレッツ・スクウェア」や「フレッツ・ドットネット」と呼ばれる、いくつかの興味深い実験的サービスが西暦 2001 年 ～ 西暦 2003 年の時点で、すでに社員たちによって構築されていて、実用化されていた。

実は、NTT 東日本を中心としたこれらの実際の商用網上における技術革新は、21 世紀以降のインターネットの発展の歴史上、決定的に重要であり、Google、Amazon、Microsoft 等の世界最大級の IT 企業等も含めて、現在皆が依存している現代版インターネットの基盤と技術的知見の多くは、この西暦 2001 年頃の NTT 東日本のフレッツ網における黎明期の技術的実験に、その基礎を置いているのである。この実績は、忘れ去られつつあるので、今一度整理しておく。

(5) NTT 東日本の強権的・閉鎖的ネットワーク内での NTT 東日本自らの個別試行錯誤の成果は、画期的な革新性があった

NTT 東日本内で、前記のような強権的・閉鎖的ネットワークを活かした各種の小規模な実験的サービスが発案され、実際に運用に供された。そして、驚くべきこ

とに、これは、その後 10 ～ 20 年経過した後の現代のインターネットで、米国 IT 事業者等によって大いに開発され普及している豊富なサービス群と本質的に同一の技術的要素を有する、世界最初の先駆け的存在として、いくつか出現した。

NGN 網のおかげで、米国 IT 事業者等よりも、NTT 東日本の社内試行錯誤で作られる個別の実験的サービスのほうが、時期的に 10 ～ 20 年も早く誕生した。

世界一、早かったのである。われわれが、NTT 東日本を研究することの価値は、ここにある。壮大な理想的ネットワーク (NGN) を作るという点では、NTT 東日本は確かに失敗をした。ところが、そのような大計画を成り立たせようとしてさまざまなソフトウェア的試行錯誤が社内においてこの 20 年間行なわれてきた。それらのいわば試行錯誤的なサービスは、世界初の画期的なものであり、その結果に基づく知見が、現代世界のインターネットやサービスの基礎を支える状態になっている。

ここでは、特に重要なものを 2 点取り上げる。

「フレッツ・スクウェア」の動画配信

第一に、NTT 東日本は、フレッツ閉域網内で、世界初の、コンピュータ・ネットワークを用いた大規模高品質な映像配信サービスの実用例となるサービスを作り上げた (西暦 2001 年)。

現在の YouTube、Amazon、Netflix、ニコニコ動画といった後発型サービスは、このフレッツの映像配信サービスの成功の結果を基礎にしている。これは、「フレッツ・スクウェア」と呼ばれるサービスの一つとしてかなり試行錯誤的に作られ、成功した。

「フレッツ・ドットネット」の IPv6 直接通信

第二に、NTT 東日本は、フレッツ閉域網内で、これも世界初の、極めて大規模な IPv6 ネットワークを作り上げた (西暦 2003 年)。これは閉域網であるものの、IPv6 という、ネットワーク構造上の問題を解決することで、アプリケーションの通信速度を著しく高速化するために利用できる全く新たな方式 (2020 年ごろからようやくインターネット上で普及し始めてきた。) を、今から 20 年も前に、い

ちはやく採り入れ、すべての電話局のフレッツ回線の「収容ルータ」と呼ばれる装置から中継ルータ群を通して、東日本全域の超巨大 IPv6 ネットワークを作り上げてしまったのである。これは、「フレッツ・ドットネット」という名前で提供され、フレッツ網内の閉域性を活用した安全な拠点間 VPN を構築する基礎的手段として、大いにその価値を生じさせた。

> 👉 **「B フレッツ」とは何か**
>
> B フレッツは、フレッツ光 (NGN) の 1 つ前のバージョンであり、Windows 11 等が NGN とすると、その 1 つ前の系列の Windows 98 のようなものだと考えれば良い。西暦 2001 年 8 月からサービスを開始している。もう少し遡ると、B フレッツの基礎は、フレッツ ADSL (西暦 2000 年 12 月) であり、その基礎は、フレッツ ISDN (西暦 2000 年 7 月) である。B フレッツは、NGN 構想以前に誕生したものであり、当初は、インターネットへの高速な接続を実現することを直接的な目的としていた。西暦 2001 年 6 月 28 日の B フレッツ発表時の NTT 東日本のプレス・リリースには、B フレッツは、「加入者光ファイバを利用し、インターネットに高速で接続する定額制サービス」である、と明記されている[①]。

(6) フレッツ網（地域 IP 網、後の NGN）は巨大な電話会社に閉じた閉域ネットワーク

このように、西暦 2000 年 ～ 西暦 2001 年の間に、B フレッツ、フレッツ ADSL、フレッツ ISDN の 3 つ揃って「フレッツ網」という巨大な NTT 東日本の電話局で構成されるネットワークが誕生した。

このフレッツ網は、政治的には、「地域 IP 網」と呼ばれる。当時、NTT 東日本は法規制が強く、総務大臣の特別の許可があった場合を例外として、地域内における閉じた通信以外を提供することは禁止されていた。これは、仮に地域を越えて、インターネットのような全世界につながるネットワークを NTT 東日本が単独で

① https://www.ntt-east.co.jp/release/0106/010628b.html

提供すると、独占力により強大な権力が発生・集中して、技術革新が行なわれなくなるおそれが高いので、それを避けるために、NTT 東日本の電話回線、光ファイバおよび電話局間で閉じた通信の提供以外を法律で禁じていたのである。

このような理由で、フレッツ網のことを「地域 IP 網」という誠に奇妙な名前で呼ぶ。「地域インターネット」という意味である。地域 IP 網は、NTT 東日本の領内に閉じている。コンピュータ通信的側面でみると、この地域 IP 網のそのままの発展系が、NGN 網である。

さて、フレッツ加入者がインターネットに接続するためには、後に述べるように、地域 IP 網を道路として通って、地域 IP 網の外側にある ISP の装置に辿り着き(このことを、ISP に対する「アクセス」と呼ぶ。)、ISP を経由してインターネットに出る必要がある。これは B フレッツでも、フレッツ・光ネクスト (NGN) でも同じ仕組みである。NTT 東日本の視点で、単に地域 IP 網が加入者とインターネット (NTT 東日本的思想に立つと、けしからん無秩序な自由民主主義ネットワーク) との土管を提供している状況を見ると、権力者としてそれは面白くないと感じた訳である。

(7) 驚くべき画期的な閉域網内映像等配信 HTTP Web サーバー「フレッツ・スクウェア」

フレッツ・スクウェアの誕生

NTT 東日本の閉域網思想と、その中でコンテンツ・サービスを提供すれば良いという思想が起こり、この中でいくつかの革新的発明がなされたことは、重要な事実である。この経緯を物理社会のイメージで比喩すると、次のようになる。

(ア) 地域人民を支配しているはずの偉大なる我らが強権的人民政府 (NTT 東日本) の管理する地元地域に住んでいる人民たち (フレッツ加入者) が、毎日、地域道路を通って、国境を越えて隣国の自由民主主義国へ行って働き、隣国で昼間は楽しく過ごしておる。ところが、夜になるとまた人民政府の管理する地域の家に帰ってきて眠るようだ。

(イ) 隣国 (インターネットのことである) にはどうやら豊かな職場や学校があり、デパートメント・ストアー等もあり、面白いテーマ・パークのようなものも色々あるらしい。ただ、人民は隣国では一時滞在するだけで、そこに住むと大金がかかるので、大抵の人間は住めないらしいから、夜になると地元地域に戻ってくる。

(ウ) 他方で、人民政府の地元地域では、商業活動はけしからん、全員与えられた農業等に勤しめということで、商業活動は厳しく規制しているのである (人民が政府よりも賢くなり革命を防止するためである)。しかし、もう誰も自国で農業はやっていない。隣国ですべて資源も揃っているようだ。

(エ) このおかしな状態が長続きしたとして、人民政府は、一応、税金 (道路通行料) だけは取れる。地元の道路だけは立派だからだ。大変立派な道路・住宅しかない (商業は禁止されている)。ただ、我々強権的人民政府の独裁者的視点でみると、わずかな税金収入だけではおもしろくない。せっかく強権を持っているのだから、それを活かして行使し、より莫大な利益が得たい。

(オ) ところで、人民政府の利点は、地元地域における道路周辺の (人民の住戸以外の) すべての土地を全部所有していて、自ら道路に出店など自ら並べることができる点にある。人民には規制していても、自らはやって良いのである (権力者であるため)。そこで、隣国の自由民主主義国の人気施設を真似して、デパートメント・ストアーの模倣として、祭の商店のようなもの (お面、綿菓子などを売ってみるのである。)、テーマ・パークの模倣として祭の出し物のようなもの (金魚すくい、的当てなど工夫してアトラクションを運営してみるのである。) などを人民政府の強権力を使って道路に並べてみることにしたのである。しかし、人民には見向きもされない。その理由は、隣国の面白い商業施設のほうがより面白いため、つまり、競争に負けているためである。

(カ) そこで、人民政府は苦心して、色々と試行錯誤をして、隣国に無い新しい商業施設を思い付いて、作ってみる訳である。その 1 つが「映画館」であ

る。なんと、隣国にはまだ映画館が 1 軒も存在しなかった。そもそも映画技術もなかった。そこで、地元地域に映画館「人民・スクウェア」第一号店を作った。映画館は、隣国に無いし、他にもないということで、人民・スクウェアは、(一部の映画好きになった) 人民の熱狂的な人気を集めた。はじめて国境の内側に、競争的な商業施設が誕生したのである。そして、隣国にもない映画技術も誕生したのである。驚くべき世界初の技術革新である。隣国は、しばらくしてこれを大いに参考にして真似てしまったが、とにかく、世界初の映画館は、この偉大なる「人民・スクウェア」であった。

上記の比喩とまったく同じように、当初はほとんどインターネット接続のためだけに作られた B フレッツにおいて、インターネットに出る以前の NTT 東日本電話局の閉域ネットワークの内部で、インターネットに代わる閉域的サービスで魅力的なものを立ち上げれば面白いという発想が生じた。

そこで、「フレッツ・スクウェア」という、B フレッツ内部からだけアクセスできる (さらに、アクセスする際には、ISP との契約も不要である)、今でいうと YouTube や Amazon Prime ビデオのようなものの原型的 Web サイトが誕生した。

誕生した「フレッツ・スクウェア」のサイト。
当時のフレッツ網内ワンダー・ランド。今となっては想像からできないであろう

フレッツ・スクウェアは画期的

この素晴らしい「フレッツ・スクウェア」には、色々な映画作品が Windows Media Video 形式でアップロードされており、Web ブラウザでアクセスすると、映画を楽しむことができた。2001 年 9 月には、「ファイナルファンタジー」や「ロード・オブ・ザ・リング」といったいくつかの映画コンテンツ (NTT 東日本が個別に映画会社と交渉して配信許可を得た) が、「実験」として、アップロードされた[①]。2002 年 9 月には、「機動戦士ガンダム SEED」の最新作 (テレビで放映されるものと同じもの) が、テレビ配信日の翌日からアップロードされることになった[②]。これは、テレビ番組と同一のものを、1 日遅れであるとはいえ、IP ネットワークで流すという、日本初の、極めて画期的な革命的な試みであった。今でいう

① https://bb.watch.impress.co.jp/news/2001/09/13/flets.htm
② https://bb.watch.impress.co.jp/news/2002/09/26/seed.htm

NHK オンデマンドや民放各社の再配信サービスの先駆けも、奇跡的に、この「フレッツ・スクウェア」で起きたのである。この「機動戦士ガンダム SEED」のフレッツ・スクウェアでの配信を記念して作られた 20 年前の記念すべき特大のビルボードが、未だに NTT 東日本の本社に存在する。

👉 余談であるが、当然、NTT 東日本の社員 (先の人民政府の比喩でいうと、人民政府の公務員のようなものである。) は、前もって「機動戦士ガンダム SEED」

の最新作等をエンコードして、これを Web サーバーにアップロードする業務上の必要がある。

したがって、その社員は、そのアニメを、地上波に先駆けていちはやく視聴することもできてしまうと原理的に考えられるのである。

この原理は、現在の各種インターネット映像配信サービスでも同じである。たとえば、Amazon Prime ビデオのシステムを管理する Amazon 社の社員は、当然、アップロードする映像コンテンツを自ら見る必要があるので、発表前のコンテンツを一足先に観ることになるし、また、何度でも無料で観ることも必要であろう。

こういった業務上必要な作業に付随してやむを得ず得られるおもしろ特典は、「役得」という。誠に素晴らしいものである。学生は、これから企業で活躍するような技術者になれば、そういう面白い「業務上の必要」を色々と拾い集めていくと、人生の楽しみが増すであろう。

フレッツ・スクウェアの高画質（6Mbps）動画配信は、Amazon Prime ビデオや Netflix 等よりも約 10 年間も先行した素晴らしい配信技術であった

さて、このフレッツ・スクウェアという画期的な NTT 東日本強権的映画館では、2001 年当時、最大 6Mbps という、当時としては驚異的な高品質で、MPEG-2 形式 (DVD と同じような品質) で流された。これは、2001 年当時のインターネットでは不可能であった。光ファイバ網 (地域 IP 網 = フレッツ網、現在の NGN) インターネットとの接続点は、わずか 100Mbps しかなく (これは、NTT 東日本が悪いのではなく、当時の NTT 東日本と ISP との間の国境線上の「網終端装置」と呼ばれる装置の技術やコストの限界であった。)、そこに何千人ものユーザーを詰め込んで収容していた。

全員が映画を見ようとすると、一人あたり 100kbps くらいの速度しか出なくなる。6Mbps の映画をインターネットから流すことは不可能である。ところが、NTT 東日本が自らフレッツ網内に映像配信サーバーを置けば、フレッツ網内は、NTT 東日本が自らの強権を用いて、かなり安価に帯域を増やすことができる。

これは素晴らしい方式である。世界最高画質の映像 (6Mbps という極めて高い

画質) を、コンピュータ・ネットワークを通じて大量のユーザーに同時配信するという、その先 10 年間くらい経ってようやくインターネット上で実現され始めたような (YouTube やニコニコ動画で 6Mbps の高画質が実現できたのは、おおむね西暦 2010 年以降であろう。) IP ネットワークを用いた映画の多数ユーザー向け配信を、NTT 東日本が、西暦 2001 年にすでに実現していたことは、驚異的な事実である。世界初の快挙である。Netflex、Amazon Prime ビデオ等といった最近発展している映画ストリーミングサービス等は、すべて、この NTT 東日本のフレッツ・スクウェアの西暦 2001 年の映像配信の結果を参考にした模倣である。

さらに驚くべきことに、フレッツ ISDN (64kbps) やフレッツ ADSL (1.5Mbps) のユーザーがアクセスすれば自動的に帯域幅を落として、画質を劣化させた低帯域の映像を流すという、帯域に応じたコンテンツ配信システムを作ってしまった。これは、その後の YouTube 等の複数帯域ビデオ配信の仕組みの先駆けである。なお、映像配信のソフトウェアは、Windows Media Video や Real 等の既製品を組み合わせていた。

しかし、これらの既製品を用いたとしても、6Mbps もの高品質の映像を不特定多数向けに同時に配信するという快挙は、当時のインターネットでは不可能であった。これらが初めて実用化されたのは、我らが日本のあの NTT 東日本の西暦 2001 年の B フレッツの強権的閉域網の中であったのである。

(8) フレッツ・スクウェア動画配信の無限大の可能性はいかにして消失したのか

フレッツ・スクウェアは、大変画期的な仕組みであり、当時の我々のような NTT 東日本フレッツ・サービス愛好家人民 (前記の比喩における NTT 東日本人民政府をかなり狂信的に支持しつつ、人民政府が技術革新を抑制しようと画策すると、人民政府庁に出向いて行ってあれこれと意見を唱えるような集団。) は、NTT 東日本からこのような革新的サーバーが誕生したことを祝い、熱狂的に楽しんだものである。

PPPoE が 1 本しか張れず、フレッツ・スクウェアとインターネットが同時にアクセスできない問題の存在

ところが、このフレッツ・スクウェアには、1 つだけ、重大な、しかも初歩的な問題があった。

それは、フレッツ契約者が自宅から「フレッツ・スクウェア」に接続するためには、なんとも一度 ISP の接続 (すなわち、インターネットとの接続) を完全に切断し、次に、フレッツ・スクウェアに接続を切り替える必要があったというものである。

つまりは、こういうことである。インターネットを楽しんでいる間は、フレッツ・スクウェアは楽しめない。フレッツ・スクウェアを楽しむには、インターネットを切る必要があるが、その間は、フレッツ・スクウェアの Web ページだけは閲覧できるけれども、インターネットの Web ページは閲覧できない。メールチェックすらできない。もし、インターネットも、フレッツ・スクウェアも、同時に楽しむとしたら、フレッツ回線を宅内に 2 本引く必要がある。明らかにこれでは不便で、誰もフレッツ・スクウェア等見ようとしないはずである。

先ほどの人民政府の比喩でいうと、大変画期的な「映画館」が道路に建ち、それは非常に革新的な無限の可能性があったのだが、自宅近くにせっかく映画館があるのに、「仕事帰りに映画を観ることは、けしからん。いったん家に帰って、仕事とは別の気分で、着替えなどしてから、改めて映画館のためだけに外出して、映画館に来い。映画館とは、そのような、神聖な場所である。」と意味不明なお触れを出し、人民が隣国からの仕事帰りについでに映画館へ行くことを、法律で絶対厳禁としたようなものである。これでは、誰も映画館に来なくなる。

この技術的背景を述べる。フレッツ回線を通じて、ISP に接続をするときと、フレッツ・スクウェアに接続をするときなど、それぞれ「接続」という行動をする場合に、PPPoE と呼ばれる、仮想の接続回線のようなもの (これについては、前述した。また、後でもう一度述べる。) を加入光ファイバの上で確立する必要がある。その仮想接続回線は、「仮想」という概念により、1 本の物理的な回線状に、複数本同時確立できるはずである。というよりも、1 個の物理空間の上に多数の仮想的

な物を作り出すことができるから、「仮想」の意味があるのである。

ところが、せっかくのこの画期的な「仮想接続回線」の概念を実現しておきながら、その同時接続本数を、なんと、一般家庭向けプランでは、「1 本」に制限していたためである。

したがって、ユーザーは、インターネットとフレッツ・スクウェアとを切り替えて使わなければならない。電話局のフレッツの収容ルータのスペック的には、せっかく、すべての物理回線について 1 本あたり 5 本程度の仮想回線を張れる状態を用意しておきながら、1 本に制限していたのである。

なぜ家庭向けフレッツでは PPPoE は 1 本しか張れなかったのか（私見）

実はこのようなおかしな制限があった理由は、私見であるが、フレッツの別の営業戦略上の目的との衝突であると思われる。

当時、B フレッツには、一般家庭用 (10Mbps のファミリータイプ、後に 100Mbps のニューファミリータイプも登場した) と、SOHO やヘビーユーザーを対象とした事業者用 (ベーシックタイプ) と、企業用 (ビジネスタイプ) の 3 種類があった (フィミリータイプの亜種で、マンションタイプもあった)[①]。ファミリータイプは月額 5,000 円代、ベーシックタイプは 9,000 円代であり、2 倍も価格が違うので、色々と差別化をしてベーシックタイプを売りたいということになる。

そこで、ファミリータイプは、PPPoE (仮想回線) の数を 1 本に制限し、ベーシックタイプは 2 本に増やして、インターネットとフレッツ・スクウェアとを同時に快適に接続したいならば、ベーシックタイプに加入せよという仕組みを作ってしまったのである。

このような電話会社本位の短期的利益追求の考え方は、ユーザーには、全く受け入れられない。ユーザーが、「フレッツ・スクウェア」のためだけに、安価なファミリータイプではなく、2 倍の価格のベーシックタイプに、月給をはたいて加入する訳がない。

---

① https://www.ntt-east.co.jp/release/0204/020411c.html

結局、一般家庭のほとんどのユーザーは、当初、2001 年 9 月にせっかく立ち上げられたこの画期的なフレッツ・スクウェアへの接続の操作が不便すぎて、長い間、接続できなかったのである。

フレッツ・スクウェアとインターネットに同時にアクセスできない問題が解決されるまでなんと 1 年間を要した

このおかしな問題は明々白々であったが、これが解決されるのに、なんと、1 年間も要した。

やっぱり家庭向けタイプでも 2 本の PPPoE 仮想回線の接続ができるようになったほうが良いということになり、西暦 2002 年 10 月に、ようやく家庭用回線でも、インターネットとフレッツ・スクウェアの両方にアクセスすることができるようになった[①]。

出だしの人気がなく（アクセスできないので）その後の映像コンテンツ充実の意欲が生じなかった（私見）

フレッツ・スクウェアの映像配信が開始されてから 1 年間も、この問題があったので、最初の 1 年間のユーザー人気が得られず (そもそも家庭用フレッツの契約ユーザーが、まともにアクセスできないのだから、それは存在しないのと同じである。)、その結果、本施策は、ユーザーによる人気があまりないというように認識されてしまい、あまり人気がないのであれば、豊富なコンテンツをテレビ会社、映画会社と契約して配信しようという気分にならないのは、当然のことである。

豊富なコンテンツをテレビ会社、映画会社と契約して配信するためには、契約締結の交渉が必要で、その事務的体制を整える必要がある。映像配信事業の本質は、(a) インフラ構築と、(b) 契約交渉・締結の事務体制構築の 2 種類である。

NTT 東日本は、前者 (a) を折角行なったのに、全くその本質と無関係な問題、すなわち、「PPPoE セッション数の制限を 1 にしたまま 1 年間忘れていた (と外形的に見える) 」という問題によって、前者にユーザーが集まらず、不人気であるから後者の (b) の事務体制構築投資はやめておこう、という結果になったので

① https://bb.watch.impress.co.jp/cda/shimizu/2866.html

あろう。

Apple, Amazon, Netflix よりも 5 年も世界に先行したフレッツ・スクウェアの本来価値

西暦 2001 年のフレッツ・スクウェアでの映像配信開始時から 5 年も後になり、Apple TV (西暦 2006 年)、Amazon Prime ビデオ (西暦 2006 年)、Netflix (西暦 2007 年)、Hulu (西暦 2007 年) 等が登場し、これらの事業者は、(b) の事務体制構築投資を積極的に行なった。これにより、コンテンツが充実し、今やこれらの事業者は、メディア業界の覇者となっている。

仮に西暦 2001 年の NTT 東日本の地の利と実際に構築したインフラを活かして、フレッツ・スクウェアを拡大し、さらにその手法をインターネットにも適用したならば、さらに同時期 (西暦 2000 年) に NTT グループが折角巨額をかけて買収した国際インターネット会社である Tier1 会社の Verio (NTT コミュニケーションズ) の Tier1 の地位を最大限活用して国際インターネットでもこれを提供したならば (西暦 2000 年の時点で、NTT が自らインターネット Tier1 を買収して保有する状態に至ったことは、これを活用すれば、IT・クラウド企業 Google、Amazon、Microsoft 等よりもさらに強力な優位性を得ることができたはずであることを意味する。

IT・クラウド企業は、自らが拡大して全世界的通信網を構築するまでには膨大な時間がかかり、それまでの間は、Tier1 に「トランジット料金」という膨大な費用を支払って、全世界のインターネット・ユーザーとの間の通信を提供してもらう必要がある。その料金が、長い間、IT・クラウド企業の最後のボトルネック、削減不可能な最後の原価となってきたのである。

ところが、当時から、NTT グループが自ら Tier1 も保有していた訳であるから、NTT グループは、この原価コストを外部に払う必要がなく、内部的に処理でき、真の原価だけでインターネット部分を実現できる状態にあったのである。)、前述のような数々の米国系巨大 IT 企業の後発系映像配信事業者たちよりも 5 年も先んじていることもあり、NTT 東日本の映像配信サービスはトップ人気になり、Apple、Amazon などを大きく超え、それを実現・維持するためにさまざまなシス

テム領域における技術革新を自然に起こすことになり (これらは、まさに Apple、Amazon が社内で行なっていることである)、いわゆる GAFA と呼ばれる、世界最大の IT 企業群よりもさらに強い力を持った平和な日本型世界的 IT 企業が、今頃には悠々と成立していたはずなのである。

「PPPoE セッション数の制限を 1 にしたまま 1 年間忘れていた (と外形的に見える) 」問題は、表面的な問題の 1 つであるが、その基礎となっている NTT 東日本の行動様式が、これだけの大きな将来性を制約してしまったのである。

👉 このように、NTT 東日本は、大規模な構想を打ち立てておきながら、実際に活動を行なう際には、全体利益をあまり見ずに局所利益だけを考えてしまい、外部から見ると致命的な矛盾や問題が発生して折角の良い施策の効果が薄まってしまうという、誠に不可解な行動パターンをとるという特徴が有る。

これは一見非合理に見えるのである。しかし、これは、実は大変素晴らしい NTT 東日本的無意識的行動様式である。これは、世界最高級である。折角大規模な優れた IBM PC を実現しながら、その肝心の OS 部分を、Microsoft 社に取られてしまった、米国の巨大官僚組織であるあの IBM 社よりも、さらに一歩進んでいるといえる。この NTT 東日本の謎の行動様式こそ、われわれは、研究対象としなければならないのである。なぜ NTT 東日本の行動においてこのような問題がよく発生するのかの分析は、後に詳しく述べる。

ところで、NTT 東日本のこのようななかなか特徴的な行動様式の著しさの度合いは、「世界最高級」であっても、決して、「世界最高」ではない。その度合いが紛れもなく世界最高なのは、われわれの「日本政府」である。

(9) フレッツ・スクウェアのその後

この西暦 2001 年に登場した画期的だったフレッツ・スクウェアの映像配信サービスは、結局、映像コンテンツの種類をさほど充実させることなく、西暦 2012 年ごろにひっそりと終了してしまった。

実は、われわれユーザーがフレッツ回線に関する付加サービスの契約 (PPPoE の本数を増やす等) を行なう際に接続するあの「サービス情報サイト」という地味な Web サイトは、フレッツ・スクウェアの残骸のうち最後まで残存している一部分である。

昔は、ここに一大ワンダー・ランドがあり、さまざまな可能性を秘めた映像コンテンツ配信 Web サイトが、存在したのである。20 年以上前からフレッツを愛好してきたわれわれは、「サービス情報サイト」のログイン画面にアクセスするたびに、あの昔の華やかで無限の可能性を秘めていた西暦 2000 年代の NTT 東日本と、ここに存在したアトラクションの数々を、思い出すのである。今は、細々とした事務室のような Web サイトしか残っていない。

さて、当時のフレッツ・スクウェアは、豊富な映像コンテンツを配布するために、ある程度の大容量のネットワーク機器とサーバー群を必要とした。これは、物理的にどこかに存在していたはずである。それが遺跡 (古墳) のようにどこかに残っているのではないだろうか。ところが、NTT 東日本内部で聞いても、誰もその存在を知らないのである。

そこで、我々は探索を開始し、ついに、東京都内の某電話局のフロアに、そのサーバー群を収容している (いた) 2 本のサーバーラックを発見することができた。われわれがこれを発見したのは、なんと、西暦 2022 年であった。主要な機器はすでに撤去されていたが、ネットワーク機器やディスプレイ、バックアップ・テープ (磁気テープである) は、まだ古墳に残っていた。あのすばらしいフレッツ・スクウェアの亡きがらが、西暦 2012 年ごろから 10 年間ここに埋もれており、いま発見されたのである。当時のメンテナンス用のブラウン管型モニタも置いてあり (おそらく西暦 2001 年当時のものであろう)、これが、ラック上の棚板との間で、耐震マットで固定されていた。耐震マットは、化学分解がすすみ、スライムのようになっていた。これこそが、あの繁栄を極めた (極める予定であった) フレッツ・スクウェアの輝かしい無限の可能性を秘めたラックの物理的存在である。

われわれは、いよいよ、もう一度、この遺跡的な電話局のサーバーラックを起源として、20 年前のイノベーションに富んだ NTT 東日本を復古するべきが来た、ということになるのである。

(10)「フレッツ・ドットネット」という世界最初かつ最大級の IPv6（閉域）ネットワークと PPPoE との比較

フレッツ・スクウェアに並んで、現在のインターネット文明進化において決定的な影響を与えた壮大な社会実験が、「フレッツ・ドットネット」である。これは、西暦 2004 年に開始された、IPv6 通信サービスであり、フレッツ網内に閉じた 2 拠点間の直接通信を可能とするものであった。

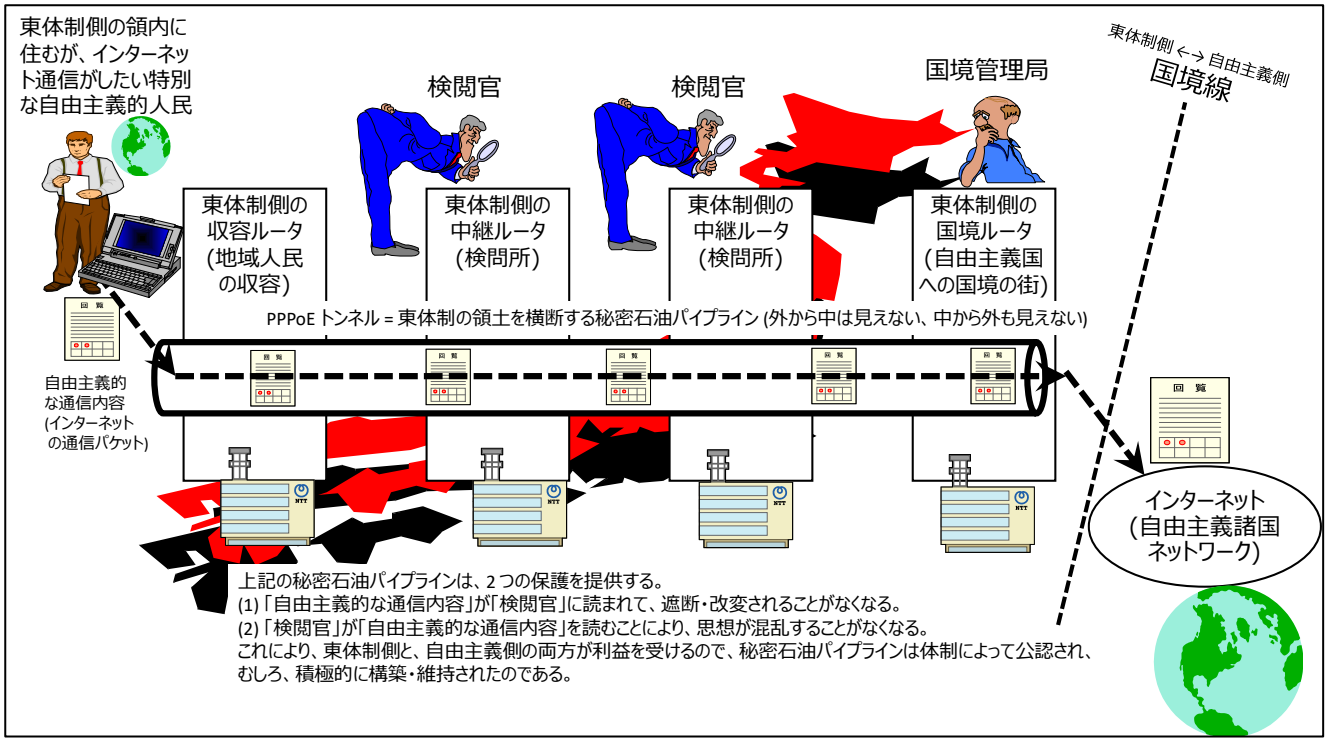
はじめに: PPPoE（仮想回線）の仕組みの概念 - インターネット通信パケットを NTT 東日本装置から保護するとともに、インターネット通信パケットから NTT 東日本装置を保護するという面白い保護機構

フレッツ網内に閉じた 2 拠点の IPv6 による直接通信機能が、なぜ画期的であったのか説明するためには、それ以前の状態におけるフレッツ網における PPPoE という仕組みの原理と、その制約について、説明する必要がある。

先に、「フレッツ・スクウェア」においては、PPPoE という仮想回線の問題で、接続に制限が生じたということを述べた。フレッツ網の大きな制約のうち 1 つに、何か通信をする際は、最初に PPPoE 仮想回線を確立しなければならない、という点があった。なぜこのような仕組みになったのか。

ここで簡単に説明すると、(1) フレッツ網の電話局内・電話局間の装置の安定を実現するため、(2) フレッツ網 (ISP) とプロバイダを明確に分離し、ユーザーが任意のプロバイダに接続できるようにするため、(3) IP アドレスの重複が発生する可能性への対応、の 3 点がある。

(1) の問題は、電話局内・電話局間の装置間は伝統的に IPv4 アドレスで接続されており (IPv4 しか無かったので)、ユーザーがその内部的通信に接触することができると、装置の安定性とセキュリティが脅かされるという問題に由来する。この問題と (2), (3) の問題は密接に関連している。ユーザーの IPv4 を通信させる場合は、PPPoE というトンネルでこれを「保護」する必要がある。



PPPoE の仕組み

この「保護」という目的には、大変に面白い意味に、2 種類の正反対の意味がある。この部分は、実は、フレッツ網や電話網と、インターネットとの相互関係の要

点を理解するための核心部に近いので、もう少し詳しく、比喩的に説明する。詳しい実際については、後に述べる。

第一に、前記 (2), (3) を実現するために、ユーザー自宅と ISP との間の通信を、電話局の装置におけるアドレス体系から「保護」する必要がある。ISP のアドレス体系と電話局の装置のアドレス体系が両方 IPv4 であれば、互いに干渉してしまうのである。どのように干渉するかというと、物理的に同一の空間上 (国土など) に複数の行政主体が存在して競合するのと同じように、また同じ都道府県に 2 つの警察本部があると混乱を生じるように、物理空間上の論理的統治体系が二重に存在すると互いに干渉して優先上位を競い合い、秩序だった安定した通信は、もはや不可能になる。

つまり、こういうことである。電話局のほうの統治の仕組みと、電話局を抜けた先にあるインターネットの統治の仕組みとがある。これを順に通り抜けようとするとき、仮に「保護」の仕組みがなければ、次のような問題が発生する。通り抜ける主体 (通信パケットである) から見ると、両方を意識して通り抜けないといけない。社会主義国 (ソ連) の国内から、人民が、一生懸命に、鉄道など乗り継いで、出国許可をもらって、空港から自由主義国 (アメリカ) に移住するためには、移動主体は 2 つの異なる概念・思想を身に付ける必要がある。ソ連内ではソ連の思想に合わせた発言をしないとうまく鉄道網を通り抜けて空港へ行けない。自由主義的行動をすると逮捕されるリスクがある。一方、アメリカに着いたら、今度は社会主義ではだめで、自由主義的行動をしないと生活してゆけない。

このように、2 つの異なる統治をまたがって移動するのは、苦労が伴う。これを避けるためには、移動主体を「保護」して、ソ連国内からアメリカ国内までつながる秘密の天然ガスパイプライン (中はソ連官吏からは見えない) のようなものを作り (この比喩は、物理空間上では、距離的に無理がありそうだが)、アメリカへ行きたい人は、「私は石油ですよ」等と言って、頭をかがめてパイプラインに入り、その中を秘かに歩いて行けば良い。フレッツ網の PPPoE の仮想回線の仕組みは、このようなものである。ここで述べた「保護」とは、ユーザー (通信主体) のための「保護」である。

第二に、実はこの秘密パイプラインの抜け穴により、途中を通り抜ける自由主義に染まった通行人民 (インターネットとの間の通信パケットのことである) がアメリカへ秘かに行くことを、途中の社会主義的統治機構 (この例では、ソ連政府である) が公認し、自らの統治機構の安定の「保護」のために、通行人民をパイプライン内に封じ込めるという意味の「保護」である。

西側思想を持った通行人民がいるとき、要所要所にある国境官吏がそのような者と直接に対話してしまうと、色々と西側思想などを吹き込んでいって自由思想に官吏たちを染めてしまうおそれがあり、それだと官吏たちが暴走して統治機構に反逆するおそれがあり、それならば、いっそうのこと、その秘密抜け穴パイプラインを公認してしまって、西側が好きなけしからぬ人民は、国内の国境官吏等と対話する必要性すら与えず、国内の統治機構に影響を及ぼすことなくスムーズにアメリカへ行って欲しいというように考えるのである。すなわち、ここで述べた後者の「保護」とは、統治機構 (NTT 東日本の通信設備) のための「保護」である。警察署には、泥酔した人 (被疑者などではない。) を、朝、酔いが覚めるまで入れる「保護房」というものがある。これは、建前としては、泥酔した人を社会から「保護」するものであるが、同時に、本音としては、社会を泥酔した人から「保護」するものである。フレッツの PPPoE の仮想回線による「保護」も、前記のように、二重の意味がある。

NTT 東日本のフレッツ網の大変に面白いところは、第一の意味の「保護」のための秘密パイプライン (NTT 東日本統治機構からインターネット通信パケットを保護する) の存在を、最初から NTT 東日本が公認してしまっており、第二の意味の「保護」 (インターネット通信パケットの悪さから NTT 東日本統治機構を保護する) の実現のために、ほとんど NTT 東日本側の費用で、この秘密パイプラインを建設してしまったという点にある。

この秘密パイプラインは、必要に応じて自由につなぎ変えることができる。ユーザーがプロバイダ A、B、C を契約しているとき、ユーザーは、いつでも切り替えて好きなところにつながることができる。また、最大 5 本くらいのパイプを同時に張ることもできる。プロバイダ A, B, C と同時に接続できるということである。

前述したフレッツ・スクウェアへの接続も、秘密パイプライン 1 本と数える (長らく秘密パイプラインは 1 本に限るという、おかしな制約があったことは、前述したとおりである。)。

前述の (2) 通信先の接続変更の問題は、秘密のパイプラインの接続先をいつでもつなぎかえることによって解決された。

(3) で述べた IP アドレスの重複の問題も、秘密のパイプラインの概念を用いることで解決できる。IP アドレスの重複の概念は、さらに複雑なので、もう少し詳しく説明する。インターネットで通信を行なうとき、ユーザーのコンピュータと、接続先のサーバーのコンピュータ (Web サイト等) の間で通信を確立する必要がある。通信の確立は、相互の IP アドレスを認識し合うことで、はじめて可能となる。IP アドレスは、原則として、ネットワーク内で唯一無二でなければはらない (これに対しては、NAT やプライベート IP アドレスという例外が存在する。この例外は、組織内における閉域の LAN 上での IP アドレスの利用と、LAN からインターネットへの接続のための技術として発達した。内線電話と外線電話のようなものである。別の機会に詳しく説明をする。)。同姓同名で生年月日も同じ人が 2 人以上いると、行政的管理システムで混乱が生じるが、それと同じ原理である。

ところが、フレッツを用いてユーザーが ISP に接続することを考えると、ISP が複数存在し、それらの ISP 同士は互いに協調していないので、同一のユーザーに同じ IP アドレスを割当てる可能性がある。これは、本来はおかしな状態で、インターネット上で正常に通信することはできないのだが、この二重割当ての状態は、存在し得るのである。土地を二重売買することができると同じである。

しかし、NTT 東日本としては、それを禁止してはいない。なぜならば、いかなる IP アドレスの割当てをユーザーに行なうかは、ISP とユーザーとの間の完全に自由な関係であるためである。これは、NTT 東日本は、フレッツ網とインターネットとの接続境界線を越えたインターネット側の領域の問題である。NTT 東日本は、それには干渉しない。たとえ干渉しないといっても、ユーザーの自宅の PC やルータは、NTT 東日本の最寄りの電話局のフレッツ収容ルータに接続されている。フレッツ収容ルータが、終局的には、ユーザーに IP アドレスを割当てる必要

があるのではないか。1 台のルータに複数のユーザーが収容されており、偶然、各ユーザーに同じ IP アドレスを割当てることを、各 ISP が接続している ISP (同じ ISP かも知れないし、違う ISP かも知れない。) が決意したとき、何が発生するだろうか。同一ルータ内で単一の IP アドレスを持つ複数のユーザーを区別することはできない (これについても、技術的には、例外が存在する。VRF (Virtual Routing and Forwarding) という、1 台のルータを複数台に仮想化する技術で、実は可能である。しかし、理論上は可能であっても、事実上は、仮想ルータを作成することができる数の上限や、管理上の問題が存在し、フレッツ網では仮想ルータは利用できなかった。)。

理論的に同一の IP が異なる 2 つのユーザーの PC に割当てられているならば、先に通信を開始したほうが勝ち、後に通信を開始したほうが負けるいうような、何らかのルールを決めて、片方を犠牲にもう片方を保護することになる。ところが、先に述べたように、ISP が各ユーザーに対していかなる IP アドレスを割当てるのかは、完全に ISP の自由であるから、NTT 東日本がルールを決めて、競合発生時の優劣を定めることは、ISP とユーザーの関係性を外部から権力的に侵害することになる。

この問題は、単に同一の電話局の同じフレッツの収容ルータで競合が発生した場合に限らない。その 1 つ先の上流、2 つ先の上流などのすべての上流ルータでこの競合が発生し得る。

この重大な問題を解決するためにも、秘密のパイプラインが必要である。地域の各電話局のフレッツ収容ルータの入口から、すぐに、秘密パイプラインをつなげて、長い地域トンネルを抜け、出口を出たらもうそこは ISP との玄関でしたというような具合に、トンネルで他のユーザーと完全に隔離してやれば、ISP 間で割当て IP アドレスの重複が発生しても、他のユーザーにとっては、何の問題もないのである。

重複された接続関係すべてが、重複した状態で維持され、それぞれのトンネルの中の通信が現実に妨げられることはない。

もちろん、同一の ISP 内で複数のユーザーへの割当て IP アドレスが重複すれ

ば (これは、ISP 内での割当てプログラムの不具合である)、実際には重複が発生したユーザーのうち何れか一方の通信が可能となり、もう一方の通信は不可能となるので、いずれか一方が犠牲にならなければならないが、これはその ISP の内部問題であり、NTT 東日本には責任はないことになる。

同様に、インターネット上で複数の ISP が BGP という仕組みを用いて同時に同一の IP アドレス (実際には、IP アドレスは最小単位として 256 個単位でインターネット上の流通経路に載るので、256 個の IP アドレス群と読んだほうが正確である。) を自らの IP アドレスであると主張して通信しようとすると、インターネット上で混乱が巻き起こり、双方とも通信が不安定になり双方犠牲になるが、NTT 東日本からみると、それも単にインターネット側の内部紛争であり、NTT 東日本としては責任はないということになる。

このように、IP アドレス二重割り当ての問題を責任分界点よりも外側のインターネット側にうまく押し出すためにも、トンネリングという仕組みが必ず必要なのである。

上記の例において、秘密パイプラインのように通信主体 (パケット) をうまく包んで保護する仕組みを「カプセル化」または「トンネリング」と呼び、これにより、領土の中を安全に疎通することができる秘密パイプラインのことを、「トンネル」と呼ぶ。

フレッツにおける伝統的通信手法である PPPoE という方式によりカプセル化を行ない、ユーザーの PC やルータと、ISP の接続装置との間で、トンネルを形成する。そのトンネルの内側に、ユーザーの PC とインターネットとの間の通信が流れるのである。

疑問: なぜ IPv6 であればフレッツ網内で直接の通信を許容しても問題ないのか

このフレッツ網における伝統的通信手法である PPPoE 方式 (通信をカプセル化して、通信から NTT 東日本設備への干渉を保護し、NTT 東日本設備から通信への干渉を保護する) が本来要請されていたところに、西暦 2003 年に新たに電

光石火の如く登場した「フレッツ・ドットネット」の仕組みは、誠に画期的なものであった。これは、初めて、フレッツ網内で、PPPoE トンネルを確立せず、直接 IPv6 通信を行なうことを可能としたのである。これにより、PPPoE トンネルを確立するために必要なコストも、通信の速度低下も不要になり、PPPoE のセッション数の上限の問題もなくなる。

IPv6 通信であれば、フレッツ網内でカプセル化を行なわずに通信が流れても差し支え無い、という理由は、一体何であろうか。これについて、詳しく考えてみよう。

フレッツ網において、当初、徹底的に PPPoE によって通信をカプセル化した理由のうち、最大のものは、前述の 3 つの理由のうち、(1) フレッツ網の電話局内・電話局間の装置の安定を実現する、である。

IPv6 が網内をカプセル化なしに流れると、フレッツ網の電話局内・電話局間の装置の安定を阻害するということにはならないだろうか。

実は、偶然、大丈夫なのである。その理由は、フレッツ網の発達の歴史にある。フレッツ網は西暦　1990 年代後半に構築が開始された。フレッツ網は、一企業の巨大な LAN のようなものになっており、10.1.2.3 のようなプライベート IPv4 アドレスが、すべての装置に割当てられている。実は、先に詳しく述べた PPPoE の接続におけるトンネリングも、そのトンネルの始点の装置 (ユーザーの各戸を収容している最寄りの電話局のフレッツ収容ルータである。) と、終点の装置 (全く異なる遠方の電話局に置いてある ISP との接続点の網終端装置と呼ばれるルータである。) との間の PPPoE トンネルは、L2TP (レイヤ 2 トンネリングプロトコル) という UDP という種類のパケット (これらの詳細は、別の機会に述べる。) に変換されて、電話局間の IP ネットワークを通じて、勢いよく飛んでいく。その間には多数のルータが存在する。これらはすべて、10.1.2.3 のようなプライベート IPv4 アドレスである (プライベート IPv4 アドレスとは、社内 LAN 等で利用する、インターネットから完全に無関係に独立した、自由に使える内線番号のようなものである。)。フレッツ網内には、他にも色々な重要な装置がある。これらにも 10.1.2.3 のようなプライベート IPv4 が割当てられている。

これらの重要な装置群に対して、ユーザーが直接任意の IPv4 パケットを飛ばすことができれば、装置群に未知の不具合があった場合に、予期せぬ動作を引き起こすリスクがある。このような考え方から、NTT 東日本側の視点として、フレッツ網内における身内の装置には IPv4 プライベートアドレスが振ってあり、身内同士の対話のみを許容する。ユーザーの通信は、PPPoE トンネルに包んで (ユーザーからの手紙を、内容を見ずに、あたかも封筒に包んで) 身内同士でバケツ・リレー (たらい回し) にする。ユーザーからはそもそも封筒に入った状態の手紙しか受け取らない。その封筒は網内をどんどん流れていき、最後に、ISP との接続点で、ようやく封筒からポロっと中身を開封して、ISP に引き渡す。この方式により、封筒の中に仮に危険な物 (パケットなので、物というよりも、思想のようなものが危険である。たとえば、ハガキに危険な自由思想が書かれた郵便物がソ連の郵政官吏の目にとまると、つい読んでしまい、自由思想に染まってしまうかも知れない。そこで、封筒の利用を人民に義務付ける。そうすれば、封筒の表面には宛先と切手しかなく、表現の自由度はほとんどないから、そこに自由思想を書くことはできず、途中の郵政庁が影響を受ける心配はなくなるということになる。ここで、抜け穴として、オリジナル切手を印刷するサービスが郵政官吏によって提供されていることがあり、われわれは、切手に色々と自由思想を書いて送ることができるのである。そうすれば、切手にスタンプを捺印する郵政官吏は、ついその自由思想を読んでしまい、自由主義に染まってしまうのである。) が入っていても、身内の身心が悪影響を受けるという心配はなくなるのである。

このように、フレッツ網の設計上、IPv4 による直接通信 (カプセル化を経ない通信) は、NTT 東日本の電話局ネットワーク上における身内の通信として取り扱われる。カプセル化を経る通信は、外様 (ユーザー) の通信として扱われる。言い換えれば、生の IPv4 通信であるか否かということを網内 / 網外の境界とし、内外を区別することにより、セキュリティを高めることに成功してきたのである。

生の IPv6 通信を許容する場合、仮にセキュリティ上の問題が発生しないとしても、前記の (2) フレッツ網 (ISP) とプロバイダを明確に分離し、ユーザーが任意のプロバイダに接続できるようにする、(3) IP アドレスの重複が発生する可能

性への対応、という 2 点 (PPPoE では、これらが保証されてきた。) は、実現可能なのだろうか。実は、(2) は生の IPv6 通信を許容した瞬間に、実現困難となったのである。その理由は、PPPoE ではトンネルで仮想回線を複数本、いつでも動的に確立することができることの効果として、ユーザーは多数 (数十事業者存在する) の ISP へのいずれにも瞬時に接続切り替えすることができたが、これは仮想的な回線をユーザーと ISP との間に複数本張ることができるという特徴により実現されていた。IPv6 の生の通信では、その言葉定義「生の通信」であるから、仮想ではない回線を IPv6 通信がそのまま流れるということになる。仮想ではないという意味は、物理回線という意味である。ユーザー宅と電話会社との間に引かれているフレッツの物理回線 1 本にそのまま IPv6 通信が流れて、これを ISP に生のまま伝送するので、必然的に、複数の ISP へ接続したり、その接続をいつでも切り替えたりすることはできなくなる。

よって、生の IPv6 方式においては、ユーザーと ISP とは固定的になる。もちろん変更することもできるのであるが、変更には、その都度、電話会社の社員が (実際には、オペレータの作業を代行するようなコンピュータが) 各電話局の収容ルータの設定を大きく変更しなければならないので、時間 (数十分 ～ 数時間) かかるのである。

このように、(2) を犠牲にすることに決めた以上は、(3) の IP アドレス重複の問題は、NTT 東日本がいずれのフレッツ回線にいずれの IPv6 アドレスを割当てるかを固定的・一元的に管理することができるようになり、問題ではなくなった。

(11) 全国に数千台存在するフレッツ収容ルータは、どのように統一的、高精度かつリアルタイムに自動設定適用されているのか — Config 自動投入ソフトウェアの誕生

生の IPv6 の通信を認めるとき、ユーザーからの申込み (接続先 ISP を変更、切り替えするとか、IPv6 の網内の通信を許容するか遮断するか等。) に応じて、日本全国の電話局 (NTT 東日本だけでも 3,000 棟、NTT 西日本にはさらに 4,000 棟) に分散配置された数千台のフレッツ収容ルータの設定ファイルを書き

換える必要がある。たとえば、ISP を変更すると、ある収容ルータのユーザー向け仮想ポートの出入り IPv6 アドレスも変わるためである。フレッツ収容ルータも、特に何か畏れ多い神聖な装置ではなく、市販のルータである。そこで、原理的には、収容ルータの手元まで誰か社員が歩いて行って、シリアル端子にノートパソコンを接続し、設定ファイルを編集すればよい。また、ネットワーク経由で遠隔でこれを中央から集中的に行なうこともできる。

ただ、それだと全国の電話局の近くにルータの設定が得意な人を常駐させないといけないが、それは大変である。フレッツの時代よりはるか昔、電話交換機でも、電話の開通や、電話番号の変更の設定を行なう必要があるときは、実は、実際に社員が電話交換機の近くで端末でコマンドを入力して行なっていたようなのである。電話局を探求すると、そのような交換機の設定用端末であったとみられる残骸が、ごく稀に残っていることがある。

しかし、ルータの設定はより複雑高度で、自由度も高くリスクも増えるので、ルータの設定が得意な人材を育成し、東京などのどこかの建物に集めて、Telnet とか SSH でログインして設定ファイルを書き換えるほうが良いというアイデアが生まれる。これにより、少なくとも、全電話局のルータ等を結びつける管理用ネットワークが必要になる。

ただ、収容ルータは当然フレッツ網の一部であり、前述のとおり、フレッツ網というのは内部的には巨大な IPv4 プライベート・ネットワークであるから、その Telnet や SSH といったメンテナンス用通信は、フレッツ網を通って実施すればよい。これは、例えば、高速道路会社が自社の高速道路の一部の補修工事をするためには、いちいち下道で出かけていく必要はないので、メンテナンス車両を走らせるときに自社の高速道路を使えば良いのではないかとか、鉄道会社の駅をメンテナンスする人たちは遠方の駅に赴くのはその鉄道に一般乗客に紛れて乗って行けば良いのではないか、というような発想と同じである。そして、鉄道の例でいうと、駅の一般乗客も出入りする階段とか通路のような部分のわき道に、「関係者以外立入禁止」と書かれた秘密のドアがあり、鉄道会社のメンテナンス社員は、そそくさとその秘密のドアから、駅のプラットフォームの下に通じているように見える秘密

の点検口に入っていってしまうのである。誠にわくわくすることではないか。

ところが、この手法でも、まだ問題がある。ユーザーからの様々な申込み数が多いと、設定完了まで待ち行例に入れられて、数日間かかってしまうことがある。また、設定間違いの発生確率が高くなってしまう。特に、収容ルータには、1 台のルータあたり数千人のユーザー自宅がぶらさがっているので、設定書き込みの作業をミスして、たとえば上流の通信等を切ってしまうと、数千人に影響が出る。

そこで、たとえ東京等から集中的にリモート管理するということになっても、人間による設定編集には大いに限界があるということになり、人間のその Telnet や SSH の代わりに、コンピュータ・プログラムがそれを行なえば良いのではないか、という発想が生じる。このアイデアに基づいて、Telnet や SSH のクライアント(端末) を模した自動設定投入ソフトウェアなるものが開発される。

そのソフトウェアの動作は、だいたい次のような仕組みになっている。

まず、ユーザー台帳データベースというものが、所与のものとして外部に存在する。そのデータベース上を定期的に走査して、前回から今回までにユーザーについて新たな申込みが生じたものがあれば、それの一覧を抽出する。すなわち、変更点の一覧である。

次に、変更点の一覧をもとに、各収容ルータに対して自動的に行なう設定ファイルの変更希望内容を生成する。これは、Telnet や SSH で投入するものと同じテキストデータで、本来は人間が投入するべきものであるが、それを自動生成するということである。

最後に、実際の収容ルータに対して Telnet や SSH で接続して、先に自動生成したテキストデータを投入する。これで、物理的に収容ルータに設定が反映される。

なお、これらの一連のソフトウェア処理は、いくつかのソフトウェアによって分割されるのが普通である。

(12) われわれは、フレッツ収容ルータの自動コンフィグ投入プログラムに、システムソフトウェア領域の主要な本質的要素を見出すことができる

フレッツ収容ルータの自動コンフィグ投入プログラムにおける、ソフトウェア工

学的に大変魅力的な点は、収容ルータとして存在する可能性がある機種が複数あれば、それぞれの収容ルータに投入すべきコマンドが異なるので、機種ごとにうまく機嫌をとってやり、それぞれの機種用のコマンドを自動生成する、という部分にある。

収容ルータの機種は、新機種が開発されたり、新たなメーカーのものが登場したりして、どんどん増える可能性があるので、これを適切に行なうためには、抽象化が必要となる。ここにおける抽象化とは、個別具体的で物理的な個性を持った収容ルータ 1 つ 1 つの主要な特徴を抽出し、その特徴の抽出結果の共通的要素 (すなわち、どのような設定変更を行ないたいのかという、"そうなるべき状態" を表現するために必要な情報群) を、収容ルータの機種にかかわらず統一的に表現することができるソフトウェア上のメモリ構造を作ることに他ならない。

そして、その抽象化された構成データを、各収容ルータに適用する部分のプログラムは、対象の収容ルータの種類によって異なるので、これをアダプタ的に開発していき、システムは、今まさに対話しようとしている目前の収容ルータの機種ごとに適当なアダプタを選択し、そのアダプタ経由で、前記の抽象的データ構造を、具体的な、そのルータが好む固有の設定テキストデータに変換する作業に他ならない。

このようなフレッツ収容ルータの抽象化と、具体的な収容ルータとのコマンドを生成し、最終的には物理的な実体である収容ルータと対話をして、コマンド投入を完了させるための収容ルータの機種ごとに異なるアダプタ的プログラムのソフトウェア開発の概念は、まさに、システムソフトウェア領域である。

ここに、2 つのソフトウェア工学領域の重要な概念が現われる。

第一の概念は、プログラム言語におけるコンパイラ (特に、クロスコンパイラ的なもの) である。コンパイラにより、CPU の差異を意識することなく、プログラマがプログラム (C 言語等) を記述すると、自動的に、対象の CPU 用のアセンブラコード (≒機械語) を生成してくれる。

第二の概念は、OS におけるデバイスドライバである。例えばハードディスクという抽象的な操作対象を作り、具体的なハードディスクの接続信号ごとに異なるア

ダプタを用意すれば、ファイル管理機構 (ファイルシステム) は、ハードディスクの種類を意識することなくすべての対応種類のハードディスク (SCSI、懐かしのIDE、Serial ATA、USB、さらには MicroSD 等) も、単一の上位プログラムですべて利用することができるのである。

(13) システムソフトウェアの学問領域においては、大規模な事業システムや統治システムなどに必須の統治技術の領域の縮図があり、そこからの逆流現象が企業や統治機構の問題を解決することになる

このように、電話会社における業務のうち、重要 (そこに 1 行でも不具合があると、すべての電話局のフレッツ収容ルータが停止し、インターネットも、企業の拠点間通信も、ひかり電話も停止するという程度の) かつ大規模な部分には、さまざまなソフトウェア工学上のシステムソフトウェアの必須の技術要素が、それを最初に作った技術者たちには意識されていなかった可能性があるにせよ、自然に発生して成長していくのである。

われわれがコンピュータシステム領域について学んだことを最大限に活かせるフィールドとしては、単にシステム領域そのもの (たとえば、OS の開発) だけでなく、その主要な要素が高価値で顕われてくる、大企業におけるミッションクリティカルかつ大規模な業務領域に、その潜在的活躍場が、無限の可能性をもって見出せるのである。

1 つの電話会社の 1 つの領域だけでも、このようなものであるから、日本の全国の大規模企業の重要な業務領域も、かなり似通ったものになっていることは想像できる。物理的に重要な厄介な装置 (かつ、複数の年代・バージョン) が多数存在し、これを何とかうまく制御することが業務となっている事業においては、それらの装置の差異を吸収し、抽象的に取扱い、その上で各装置の個性に応じたさまざまな能力を引き出すという、装置を駆動 (ドライブ) させるプログラム (ドライバ) のアイデアで、すでに投資済みの企業の資源を、これまで競合他社が誰も予測することができなかった水準まで活用することが可能である。

そのためには、個別のアプリケーション知識だけでは足りず、OS や言語等のシ

ステム領域をある程度深く理解した優れたソフトウェアを設計・実装する必要がある。既存の業務作業を著しく改善し、状態の変化速度をさらに高速化することもでき、新たなアイデアに基づいて既存の固定的な装置群の機能をブロック的に複雑高度に組み合わせて、新たなハードウェア投資をまったく行なうことなく、それを制御するソフトウェアの側の工夫だけで、新たに顧客たちが大喜びするサービスを開発したりすることができる。

おそらく電話会社の上記のようなコマンド自動投入プログラムが設計・実装されたとき、一番最初から上記のようなシステムソフトウェア工学的要素はなかったと思われる。最初は、こういうものは、単一の処理を単一の機種のために行なうプログラムを走り書きするというような方法で新たに誕生する。しかし、その後、色々と実装したい機能が増えたり、機種が増えたりしてくる。そこで、複数のプログラムに分割して、同時に走らせれば良いということになる。しかし、対象となる収容ルータは物理的には 1 台なので、異なるプログラムが同時にそれに指令を与えると、矛盾したデータ状態が生じるか、最悪動作を停止してしまうのである。これは恐ろしい。したがって、プログラムは統合的に動作しなければならないということになる。

システム領域におけるプログラムの難しさ (単純なアプリケーションとの大きな違い) というのは、排他制御や抽象化により、複数の外部主体 (アプリケーション) からのあれこれのリスエストを統合し、これらを矛盾のない物理的指令の列に変換した上で、スムーズに対象物の口から「流し込む」ということを、どのようにして、現在だけでなく将来生じると思われる拡張性も考慮した上で、より良く実装するか、その過程で安定性を犠牲にせずいかに高速性を実現するか、ということにある。

もう 1 つ重要なのは、スムーズに対象物の口から流し込んだ後、その生体反応を看るというような具合で、対象装置への投入後の状態を検証したり、その後にも定期的に体温チェックのような要領で定期検査したりする必要があるという点である。

これらのすべての処理における、入力データの構築、入力、出力、出力結果の診

断は、決して、個別分離的に行なってはならず、1 つの統合的な精神に基づいて行なわれる必要がある。病院で、患者を治すときに、複数の医師 (互いに知らない) がそれぞれやってきてきてあれこれ善かれと思って措置をして、また、これとは別に、複数の看護師 (互いに知らない) がそれぞれやってきてあれこれ検温したり思いくままにレントゲンをとったり点滴を打ったりしてして、さらには、それらの入力や出力が何ら共有されていなかったら、それは単に無駄なだけでなく、危険な目に遭う。仮に、各要素だけを見ると大変に正しくても、これらを連結して並行実施する途端、不利益が発生するのである。

このことは、ソフトウェアに限らず、大企業的な事業実施においてもおおむね妥当する。

この部分で、システムソフトウェア領域の必須要素は、大規模な事業運営や、大規模な統治システム運営における、必須要素と相似形になっている。そして、システムソフトウェア領域のほうが、大規模な事業運営や、大規模な統治システム運営よりも間近に解剖して見ることができ、試行錯誤を加えてクラッシュさせてみたり、デバッグしたりしやすいので、勉強に向いている。社会で、より良いシステムソフトウェア能力を有する人材が増えれば、それと一見無関係に見えるさまざまな大規模業務や大規模統治システムを、次第に、極めて良いものに洗練させていくことができ、現在社会の問題の大半は、解決することができるのである。

さまざまなシステムソフトウェア領域に関する重要な要素と、それをどのように認識すれば、物理的社会における諸問題と相似的に考え、適応していくことができるかについては、今後、別の機会で詳しく整理する。

(14) フレッツ・ドットネットはネイティブ IPv6 通信を全国の全フレッツ収容ルータ間で実現した画期的な仕組みであった

IPv6 直接通信の誕生

フレッツ・ドットネットの IPv6 の通信方式は、B フレッツの時代は単に閉域網で生の IPv6 通信が可能であるというだけであった。しかし、これは通信サービス的には極めて画期的であった。このような大規模 IP ネットワークで、IPv6 を

生でサポートしたのは、世界初である。先にフレッツ網内では世界初の 6Mbps もの動画配信ストリーミングサーバーが誕生して西暦 2001 年に実際に運用に供されたことを述べたが、フレッツ・ドットネットも、それと同様のインパクトを持つ。技術者の視点からみるとまだ実験段階的な印象がある発展途上の IPv6 通信を、NTT 東日本は、なんと西暦 2003 年 12 月に、突然、全国の収容ルータで実現すると発表し、本当に、翌月の西暦 2004 年 1 月から本当に実現してしまった[①]。

従来は PPPoE 方式を用いた仮想回線だけで、しかも IPv4 だけしか通信ができなかったフレッツ網が、PPPoE と無関係に、IPv6 の生の通信ができるようになったことは、当時の我々のような NTT 東日本フレッツ網愛好家 (パワー・ユーザー) の歓喜をもって迎え入れられた。

フレッツ網を構成する収容ルータ、中継ルータが、ユーザーの通信を危険なものとしてカプセル化しておそるおそる (低速に) 扱わず、生のまま高速に扱うことに成功したのである。

この生のままの IPv6 通信をフレッツ網のルータに直接流して、最高性能を引き出す方式を、「ネイティブ通信」とか「ネイティブ方式」と呼ぶ。他方で、PPPoE トンネルを用いる従来型を、「トンネル方式」とか「PPPoE 方式」と呼ぶ。

これが画期的であったのは、IPv6 というものが本当に利用できるようになったという技術的革新の点と、もう 1 つは、IPv6 とは本質的に無関係であるが、フレッツ網を用いて、ISP を経由せずに 2 拠点間で直接高速通信ができるようになったという点であった。前者の革新的なインパクトについては、後に述べる。まず、後者の拠点間通信について説明をする。

フレッツ・ドットネット登場前は、拠点間通信は PPPoE による遠距離折返しを必要とした

企業や大学、一部の個人においては、複数の拠点間で LAN を組みたいという需要が存在する。LAN は、イーサネット (Ethernet) というプロトコルを使っているが、VPN (Virtual Private Network: 仮想閉域ネットワーク) という技術を使え

① https://www.ntt-east.co.jp/release/0312/031218c.html

ば、イーサネット (LAN) を IP (インターネットの通信規格) にカプセル化し (先に出てきた PPPoE のカプセル化とほとんど同じ技術である。)、IP が通ずる限りはどこの拠点間でも LAN を延伸することができる。このことに着目した VPN 装置は当時出始めたばかりであった。また、西暦 2003 年頃には、ソフトウェアでこれを実現することもできるようになった (西暦 2003 年 12 月に、SoftEther VPN というものが登場した。これは、筑波大学内で、大学 1 年であった著者が開発した技術である。)。このような VPN 装置や VPN ルータを使用すれば、フレッツ網上で拠点間通信を行なうことができる。

従来、フレッツ網内で PPPoE 通信を用いて 2 拠点間を接続するとき、仮に 2 拠点が同一市内の隣り合ったビルであっても、2 拠点間の通信は、最寄りの電話局を始点として開始される PPPoE のトンネル内を流れ、長い中継光ファイバを通り、遠方の NTT 東日本ビルにある PPPoE トンネルの終端装置 (網終端装置。後述する) を折り返して、また地元の電話局に戻ってきたのである。

これは、明らかに迂遠である。少なくとも、2 つの大きな問題がある。

第一に、通信遅延 (ping コマンド等でわれわれがよく観察する、あの 1ms とか 30ms というような、パケット通信にかかる時間的間隔であり、光が空間上を毎秒 30 万 km の固定速度でしか進むことができないという現在発見されている物理法則上の限界値である。) が長くなってしまう。

当時、例えば、筑波大学の第三エリア 3E 棟と、筑波大学の産学リエゾン共同研究センター棟に、1 本ずつフレッツを引いて、この間を PPPoE で接続しようとすると、一旦水戸のほうまで通信が行って、戻ってきて、その間に結構複雑な物理的経路を通るので (これについても、後述する。)、だいたい 7ms くらいの時間がかかったのである。

第二に、通信帯域幅 (ダウンロードの速度で、Mbps などとして表記される) のボトルネック・ポイントが、PPPoE の折り返し点の網終端装置に生じる。この網終端装置というものは、合計で 100Mbps とかの速度しか出せないが (当時は 100Mbps が上限であった。その後、1Gbps となり、最近では、フレッツ光クロスが出たので、10Gbps に拡張された。)、そこに数千人のユーザーを詰め込んで

いるので、1 ユーザーあたりの速度がとても遅いのである。

これほど無駄なことはあるだろうか。同一のつくば電話局内で、しかも同一の収容ルータの物理ポートに収容されていても、いちいち水戸までパケットが行って、戻ってくるのである。

電話ですら、そういう無駄なことはしない。同一電話局内であれば、同一の交換機か、隣り合った交換機にあるから、電話局内だけで折り返される (おかげで、市内通話の料金はとても安価であった。これについても、後述する。)。なぜ、電話よりも劣化してしまったのか。それは、すべての通信を PPPoE に包むことを強制し、それ以外は決して認めないという設計思想に由来する。誰も得をしていない。

これはけしからんではないか、ということになる。だいたいは NTT 東日本の通信システムというのは、随所にこのようなけしからん点が点在しているのであるが、PPPoE は、特筆すべきけしからんボトルネック・ポイントであった。

しかし、そのような設計になったのも無理はないのである。前述したとおり、B フレッツは、最初は「インターネットとの通信」を実現することを主目的に構築されたサービスだったので、インターネットと無関係な、フレッツ網を巨大な LAN として折返して拠点間通信を行なうというような目的は、想定されていなかったのである。

フレッツ・ドットネット登場により、拠点間の超高速通信が可能になった

西暦 2004 年 1 月のフレッツ・ドットネットは、企業の拠点間通信に大きなインパクトを与えた。従来 PPPoE トンネルで低速・高遅延の折返し通信しかできなかったものが、突然、最寄りの電話局で直接折り返して通信できるようになった。実は同一の電話局であっても、異なる収容ルータに収容されている場合があり、この場合は 1 つ上の中継ルータで折返しされるので、電話局をまたがった通信が発生する場合があるが、それでも、PPPoE の網終端装置まで行って戻ってくる場合の遅延と速度低下の問題は発生しない。さらに、フレッツ・ドットネットが画期的であった点は、東日本エリア全域で、都道府県を超えた通信ができたことである。VPN とフレッツ・ドットネットを用いれば、企業の本社と支店、出張所、コンビ

ニ等を接続するための専用線や不要になるではないか。

VPN 装置や VPN ソフトウェアを用いて拠点間の LAN を結ぶことが当たり前になった現在では、なかなか想像できないことであるが、西暦　2004 年頃は、拠点間を接続するためには「専用線」や「広域イーサネット」と呼ばれる、極めて高額な電話会社の光ファイバサービス (1 拠点だけで月額数十万円もする) が必要であった。企業はそれなりに経費をかけることができるので、専用線等はかなり売れた。

西暦 2000 年代の日系コミュニケーション誌などの雑誌や書籍群では、電話会社は、当時これらの企業からの専用線収入で大きな利益を得ていて、それを原資として、個人宅向けの莫大な設備投資がかかる光ファイバサービスを構築しているのである (したがって、個人向け光ファイバサービスは現時点で赤字である) という旨の説明がなされている程であった。

それくらい法人向け専用線サービスは利益が得られたのである。

そのため、電話会社としては、法人向け専用線サービスを温存する必要があり、フレッツにおける拠点間折返しの PPPoE 通信速度低下の問題は、そのままのほうがむしろ望ましいというように無意識的判断をしてしまうことがある。

技術革新が進むと、専用線が売れなくなるということである。

問題は、前述したのように、地域光ファイバ網等を独占する電話会社に権力が発生・集中すると、そのような状態が固定化されてしまい、電話会社のみが利益を得て、すべてのユーザー (国民、企業) は延々と不利益を被るという、ほとんどすべての人が損をするモデルが構築されてしまうことである。この問題は、通常は、外圧によってのみ解消される。合理的かつ利益追求主義の一般的独占的企業は、自らのビジネスモデル上不利な穴を自ら開けることはない。

ところが、われわれが実に驚愕すべき点、NTT 東日本の大変素晴らしい点は、上記のようなビジネスモデルが存在する状況下で、大々的に、いきなり、拠点間通信のパワーを開放してしまった点にある。

当時のフレッツのユーザー速度は 100Mbps で、拠点間通信を実際に試してみると、たいてい、50 ～ 80Mbps 程度の速度が出るのである。遅延も同一市内で

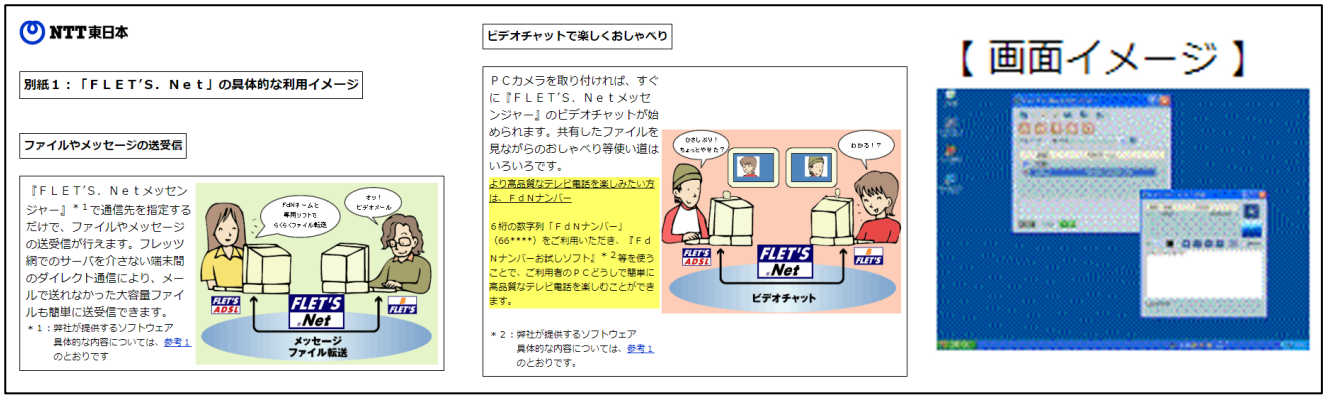
あれば 2ms 程度である。

そして、これは外圧によって強いられた開放ではない。NTT 東日本が自らフレッツ網の拠点間通信機能を自主的に開放したのである。さらに便利なことに、フレッツ網内で名前解決ができるダイナミック DNS と呼ばれる機能も、提供開始したのである。これにより、企業は、フレッツ網を用いて高速・低遅延な拠点間 VPN を構築することが、はじめて可能になったのである。

さらに面白いことは、フレッツ・ドットネットで拠点間 IPv6 通信が可能になったとして、それで一体何をするべきかの NTT 東日本の公式想定イメージが、実際のユーザーの期待 (VPN の構築) ではなく、どうやら、真剣に、個人向けの PC 間におけるメッセンジャーアップを用いたチャットやビデオ会議、ファイル転送等が行なわれるであろうと予想していた点にある。予想だけではなく、NTT 東日本は、なんと自ら、フレッツ・ドットネット開始に合わせて、「フレッツ・ドットネット メッセンジャー」という、フレッツ網内で動作する専用のリアルタイムのテレビ会議・ファイル転送ツール (Windows 用アプリ) まで開発し、配布を開始している[①②]。

すなわち、それから 17 年後の 2020 年ごろの新型コロナウイルス問題で社会的にようやく普及を始めた Zoom や Teams 等と、本質的には全く同一のアプリケーション群を、IPv6 という最先端の技術 (これがインターネット上で広く利用されるようになったのは 10 年以上後である。) に対応させ、2003 年末に開発完了しているのである。世界最速、最先端である。ここに、NTT 東日本の有する恐るべき技術先見能力を見出すことができるのである。

① https://www.ntt-east.co.jp/release/0312/031218c.html
② https://www.ntt-east.co.jp/release/0312/031218c_1.html



フレッツ・ドットネットの NTT 東日本 IPv6 通信開発アプリ

(15) フレッツ・ドットネットは、その後の NGN 網における IPoE 接続方式に進化した

フレッツ・ドットネットが登場したとき (西暦 2004 年 1 月) は、これは未だにフレッツ網内に閉じた IPv6 通信が可能になっただけであった。この思想は、フレッツの次のバージョンである NGN (フレッツ・光ネクスト、西暦 2008 年 3 月) に引き継がれた。NGN は、前述のように、壮大な構想に基づく一大ワンダー・ランド (インターネットすら超越する) になる予定であった。残念ながら、現実にはこの構想の多くは実現しなかったが、NGN は今や日本の ISP 接続のためのインフラとなり、さらには電話網を支える電話インフラにもなっている。

さて、NGN においては、従来の IPv4 のみでなく、IPv6 対応の ISP 接続も可能となった。IPv6 は未だこの時点でインターネット上ではほとんど普及していなかったが、NTT 東日本は、この時点では、世界最先端の先見性のある通信技術企業であったので (Google、Microsoft、Amazon よりも先を行っていた。これらの企業が全サービスを本格的に IPv6 対応したのは西暦 2010 年代後半である。)、NGN 網は IPv4 と IPv6 の両方に完璧に対応した素晴らしいネットワークにしたいという理想を描いた。そして、その理想は、西暦 2011 年に、本当に実現された。

まず、前述の IPv4 における PPPoE 方式の IPv6 版が、西暦 2011 年 6 月に実現された。これは本質的には、IPv4 の PPPoE と変わらないものであり、リスクが低いものである。しかし、フレッツ収容ルータや網終端装置のソフトウェア

をバージョンアップしなければならないので、時間が結構かかったのである。これは、PPPoE トンネルを用いるという意味で、「PPPoE 方式」とか「トンネル方式」と呼ばれる。

次に、これが画期的な技術革新であるが、前述の B フレッツですでに実証された「フレッツ・ドットネット」という網内ネイティブ IPv6 通信方式の考え方を発展させて、そのまま、インターネットに直接出るように接続できるようにした。

直接といっても、間に複数の ISP が入り、ユーザーが好きな ISP と契約できるようになっている。そのほうが、品質・価格について健全な競争が発生するためである。

この方式は、「IPoE 方式」とか「ネイティブ方式」と呼ばれる。IPoE という言葉は、単に IP パケットが LAN (Ethernet) の上に乗っているという意味の「IP over Ethernet」という造語の略語であり、何ということはない、当たり前のことである。「人間が、地面の上を歩く。」という当たり前の行動を指して、「歩行者」とか呼ぶようなものである。そうすると、「PPPoE」 (PPP over Ethernet) というのは、モグラ人間ともいうべきである (モグラ人間のほうがかっこいいではないか。)。

さて、IPoE 方式であっても、インターネットに出なくてもよいと考える ISP 未契約のユーザーは、網内に閉じた通信だけが成立し、インターネットとの間の通信はできないので、これまでのフレッツ網が強制的にインターネットから丸見えになるという危険なことは発生せず、安心してよい。この場合でも、フレッツ・ドットネットで利用可能であった網内 VPN 等は実現できる。

このように、NGN の IPv6 拠点間通信を用いて、かつ、ISP を契約しなければ、インターネットと全く無関係の閉域 VPN が実現できるので、セキュリティ的にも非常によいのである。たとえば、企業や役所などのセキュリティ規程では、拠点間接続はインターネットから分離されていることが要求されている場合があるが、そのような高セキュリティを要求される環境でも、拠点間 VPN 構築のために、安全に利用できる。

西暦 2004 年のフレッツ・ドットネットの開始と、その後の実績によって安定

性が検証された、閉鎖的な網内ネイティブ IPv6 通信は、それから 7 年間も経過して、ついに、初めてインターネットの開放的な世界とつながったのである。

これにより、現在のフレッツ光で IPv6 通信を行ないたい場合、2 つの方式があり、いずれか一方 (または両方) を利用できる。それぞれ、長所と短所がある。IPoE 方式の大きな短所は 2 つある。第一に、ユーザーに割当てられる IPv6 アドレスの固定が技術上実現困難であるという問題である (PPPoE 方式では、それが可能である。)。第二に、ユーザーに割当てられる IPv6 アドレスの範囲が狭い (/56 というかなり狭い範囲しか割当てられない。企業でネットワークを構築する場合は、/48 が必要であるが、これは PPPoE 方式では割当て可能であるが、IPoE 方式では割当てできない。) という問題である。いずれも、企業ユーザーにおいては、致命的となる。以下で、内部的になぜこうなってしまったのか、詳しく見ていく。

👉 IPv6 のアドレス空間は IPv4 よりも広大であるといわれるが、ユーザーの視点で見たときに、どれくらい広大か

IPv6 の場合、どれだけ小規模なユーザー宅にでも、なんと、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個の IP アドレスがもらえるのである (厳密には、フレッツ網の収容ルータが 1 個の IP アドレスを消費するので、利用可能なアドレス数は、これよりも 1 個少ない。なお、収容ルータの消費するアドレスの末尾は、どうやら、::ffe というアドレスということで決まっているようである。)。

この素晴らしい IPv6 を人類が実用可能な状態に獲得するためには、20 年以上もの、長い闘いの歴史が必要であった。闘いの対象は、権力ではなく、過去の人類の将来予測や計算間違いの結果で形成された大量のソフトウェア群である。大変適当に決められた大変狭い IPv4 アドレス空間に基づいて世界中に実装されたソフトウェア (OS、ルータ、アプリケーション) である。

一度ソフトウェア的に埋め込まれて普及してしまったものは、容易に変更できない。未だに変更が不可能な、または変更にコストがかかるソフトウェアやサーバーも、数多く存在する。西暦 2100 年ごろまでかかるかも知れない。

今、IPv4 では、1 個の IP アドレスをとても希少なものとして、1 個もらえたらそれはまさに天からの授かり物のような感じで、大変希少に取り扱っている。IPv4 アドレスの長さは 32 ビットしかなく、2 の 32 乗個の「42 億 9496 万 7296 個」しか世界中に同時に存在し得ないためである。これでは世界人口よりも少なく、おおいに不足するということで、プライベート IPv4 という概念を作り出したり (内線電話番号のようなものである。)、NAT と呼ばれる家庭向けルータ等に搭載されているアドレス共有方式によって節約したり (多数の内線電話に、1 個だけ代表電話番号を振り、中から外にかけるときには普通に電話をかけ、外から中にかけるときには内線電話番号を指定してつないでもらうような仕組みと同じである。) して、過度な節約をしてきた。

インターネットにおいても (IP アドレス長が 32 ビットしかない、ポート番号が 16 ビットしかない、BGP における AS 番号が 16 ビットしかない)、DNS においても (トランザクション番号が 16 ビットしかなく、キャッシュの不正書き換えが極めて容易である)、LAN においても (MAC アドレス長が短い、ループ検出機構が全く無い)、文字コードにおいても (8 ビットだと英数字以外入らず、16 ビットにしてやり直したら、実は世界中には 65,536 文字以上存在することが後で分かって、32 ビットにしようとしてえらく苦労している)、日付においても (西暦 2000 年問題)、なんと時刻を示す値においても (主要システムソフトウェアが、未だにこれを西暦 1970 年 1 月 1 日からの経過秒数の 31 ビットで計算しているので、このままだと、日本時間西暦 2038 年 1 月 19 日 12 時 14 分 7 秒に現代の IT 世界が破滅する。)、大変重要な通信や情報処理に関係する共通的規格部分の重要な物事が、その時々の技術者たちによって、極めていい加減に決められて、後で皆がえらい苦労するという現象であるが、これらは、なかなか興味深いものである。

インターネットは西暦 1965 年に発祥され、西暦 1970 年頃に IP アドレスを 32 ビットに決めて (コンピュータの性能に配慮したものである。) そのまま狭い実験船みたいな感じで運行して松美池 (筑波大学にあるため池) に浮かべて遊んで使っていたら、なんと、全学生がその上に乗ってきた、というような具合である。という訳で、IPv4 アドレスは 42 億 9496 万 7296 個しかないのは、全人類に 1 人 1 個も配布できず (1 人あたり 0.5 個くらいしかない)、これは明らかに不合理

であるから、土地の比喩として、高層マンションのような物を建立しないといけないが、それでは大変だということで、少し土地を広くしようと人々が呪文 (RFC: Request for Comment という) を唱え、IPv6 が成立した。

IPv6 では、原理上、340 澗 2823 溝 6692 穣 938 秭 4634 垓 6337 京 4607 兆 4317 億 6821 万 1456 個の IPv6 アドレスが利用できる。これは、IPv4 よりも 7 穣 9228 秄 1625 垓 1426 京 4337 兆 5935 億 4395 万 336 倍も広く、当面困らない。

これは、画期的である。これまで 1 人あたり 1 ㎡の土地しか与えられていなかったインターネット上の少数の有力者が、広くしようと呪文 (RFC) を唱えたら、1 人あたり土地が 1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 ㎢に拡大した、という具合である。サイバー空間においては、このように面白いことが頻繁に起きる。

IPv6 により、アドレス空間がほぼ無限大に広がったおかげで、何台でもコンピュータを置き、サーバーを公開し、NAT (内線電話と外線電話との接続の仕組み) を不要とする高速通信が、人類史上初めて可能になったのである。

(16) IPoE 方式におけるユーザーに割当てられる IPv6 アドレスの突然の変更の可能性はなぜ発生するのか

フレッツ収容ルータは、すべてのユーザーの IPv6 アドレス (これには少し難しい概念が必要になる。IPv6 アドレスは、IPv4 アドレスと違い、1 ユーザー (1 回線) あたり、1 個とか数個単位で割当てられるのではなく、少なくとも、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個単位で、割当てられる。

この数字の羅列は、コピーアンドペーストの誤りではない。実際に数えると、こうなる。これは、/64 という塊のアドレス群である。これは、「スラッシュ 64」と呼ぶ。これは 2 の 64 乗から 1 を引いた個数である。なぜ 1 を引く必要があるかというと、上流のルータ (NTT 東日本の電話局の収容ルータ) のために、1 個の IPv6 アドレスを消費するためである。このあたりの概念を理解するには、IPv4 や IPv6 のネットワークの基本を最小限に理解する必要がある。これらについては、個別専門的な話題なので、別の機会に解説する。

問題は、PPPoE 方式と異なり、IPoE 方式では、どの収容ルータにどのユーザーの IPv6 アドレス (より厳密には、IPv6 アドレス空間 = プレフィックス) が割当てられているかを、フレッツ網全体のすべての装置が知っておく必要がある点にある。仮にユーザー回線毎に IPv6 アドレスの割当てを固定化するとなると、次のような問題が生じる。

ユーザー回線毎に IPv6 アドレスの割当てを固定化するためには、収容ルータごとに、その収容ルータの配下にいるユーザーのアドレス群の一覧をすべて把握した表を作る必要がある。この表の内容は、変化することがある。なぜ変化することがあるかというと、あるユーザーがある収容ルータに収容されているとして、翌日には別の収容ルータに移動してしまう場合が発生するためである。

1 台の収容ルータが収容できるユーザーの数は、数千ユーザーである。1 つの電話局には数万人のユーザーがいるので、複数台の収容ルータが必要になる。そして、各ユーザー回線がどの収容ルータに収容され続けるかは、さまざまな要因があり、保証できない。

たとえば、市街地エリアにおける光ファイバの故障 (トラックが引っ掛けて全断した) 等で、臨時ファイバに切り替えたとか、光ファイバが徐々に品質劣化したので故障修理の際に別のファイバに変更するとか、橋や道路工事の都合で、特定地域における光ファイバ経路を物理的に移転する必要があるとか、さらには、電話局ごと統廃合するというようなケースがあり得る。このような理由で、あるユーザーが収容される収容ルータが、翌日には移動してしまう場合が発生する。

よって、仮に、収容ルータごとの収容一覧表を作るとしたら、予め収容表の内容を固定的に決めることはできず、表は動的に変更される必要がある。

次に、ユーザーについて、次々に収容されるルータが変化する可能性があるということは、表の内容はかなり不連続なものになることを意味する。仮に表におけるアドレス一覧が連続していれば、「ここからここまでの範囲」という書き方で、複数の行を 1 行にまとめることができる (これが、ルーティングという通信の重要な概念における、サブネット集約という工夫であり、インターネットはこの思想により現実的な安価な装置に収まっている。)。

最初は仮に連続していても、だんだんと不連続になり、断片化度合いは進行し、その進行の速度は、表の立場からは、予測できない (同じような連続 → 不連続の状態の進行は、別の分野でも見出される。たとえば、コンピュータのメモリ領域の確保、ディスクにおけるファイル領域の確保、また、物理的な土地における分割等である。)。

連続が不連続に断片化していくと、最悪ケースでは、表の行数はユーザー回線総数と全く同じ量になるであろう。この考え方から、収容表の行数は、ユーザー回線総数と一致する必要が生じる。

これにより、膨大な行数を有する収容ルータごとの収容一覧表が作られるとする。これを、「経路表」と呼ぶことにする。英単語で、ルーティング・テーブル (Routing Table) という。少なくとも収容ルータよりも 1 つ上の中継ルータは、その表の最新版を把握し、その表に従って通信を瞬時にルーティングする必要がある。

さて、1 つ上の中継ルータが仮に都道府県に 1 台 (予備も入れて 2 台) 置かれているとすると、その中継ルータに集まってくる各収容ルータからの経路表の行数は、何行くらいになるであろうか。ある都道府県に 200 万回線のユーザーが存在するとしたら (たとえば、千葉県は 277 万世帯であるので、200 万回線のフレッツ回線が引かれることを想定する必要がある)、中継ルータには合計 200 万行の収容ルータごとの収容一覧表が集まってくる。

200 万行もの IPv6 経路表を見て、通信の宛先を瞬時に判断することは、次の理由により、大変リスクが高い。

第一に、フレッツで数百 Gbps の通信速度を出すには、経路表に基づいた判断には、ハードウェア処理が必要になるが、これはかなり特殊な半導体を用いる必要があり、大規模なものはコストがかかる。

第二に、経路数が増えるとハードウェアに収容できなくなる可能性があるが、その場合、深刻な不具合が一挙に発生し、すべての通信がダウンする可能性がある。

第三に、経路表はリアルタイムで更新される必要があるが、正常時においても、経路表の更新に伴う計算処理が結構大きく、一部の中継回線が切れたり、一部の収容ルータが装置不良でリブートしたりすると、経路表の計算が大変になる。経路表

の CPU 処理はソフトウェアで行なわれるが、ここにソフトウェアのバグによる不具合が発生する可能性が生じ、システム全体がダウンするおそれがある。実際に、西暦 2007 年 5 月 15 日には、経路表が変更されることを契機としてフレッツ網が 6 時間にわたり東日本全体的に (一部都道府県はのぞく) ダウンしたという事象がある (2,000 台のルータのルーティングソフトウェアが、3 秒間で全部停止してしまったという。)[①]。これは、日付から、「5.15 事件」と呼ぶ不謹慎な者もいる。

このような不具合を避けるためには、中継ルータは、収容ルータの各ユーザーの IPv6 アドレス一覧表を管理したくない、ということになる。

そこで、各ユーザーの IPv6 アドレスは収容ルータ上に連続させて並べておき、これらを包含するかなり大きい IPv6 アドレス一覧表だけを、中継ルータで管理しようということになる。

これでシステムは安定するが、収容ルータ間において収容変更が発生した場合の、ユーザー毎回線の IPv6 アドレスの固定機能が、犠牲になるのである。

上記はアドレス変化が比較的頻繁に発生し得る原因であるが、原因はもう 1 つある。それは、将来、収容ルータごとリプレースを行なう場合があり得るというものである。収容ルータを異なる機種に置換しようとすると、ユーザーに割当てるアドレス設計の同一性が保てなくなる可能性がある。技術上は保てるかも知れないが、そのための管理コストが増大する。

それならば、最初からユーザーに対するアドレス固定を保証しなければよい、ということになる。

(17) IPoE 方式では、IPv6 アドレスが突然替わる可能性があるので、企業ネットワークで大問題が発生する問題が残った

前述した原理により、IPoE 方式では、フレッツ収容ルータの各ユーザー回線の割当て IPv6 アドレスがいつでも変更されてしまう可能性がある。これは、個人ユ

---

① 「3 秒で 2000 ルータがダウン、NTT 東フレッツ障害の原因は」
https://atmarkit.itmedia.co.jp/news/200705/16/ntt.html

ーザーであれば問題は少ないが、企業ユーザーであれば致命的に大きな問題になる。

すなわち、企業では、ある IT システムをインターネットに接続する場合、サブネットと呼ばれる階層構造を作り、部課ごとに IP アドレスを割り振っていく必要がある。IPv4 でいうと、1 つの部あたり 65,536 個ずつの IP アドレスを割当て、それをさらに 256 分割してて、1 つの課あたり 256 個ずつの IP アドレスを割当てる、という具合である。よく社内 LAN などで IP アドレスをみると、10.11.22.33 のような形になっているが、上記のうち「10.」は呪いのようなもので (マジックナンバーと呼ばれる)、とにかく企業ネットワークは「10.」から始まるものなのである。これはプライベート IPv4 アドレスであるということを意味している。

他に、「192.168.」で始まるパターンと、「172.16 (～ 31).」で始まるパターンの、計 3 通りが存在するが、「10.」が一番空間が広いので好まれている。このような IP ネットワーク設計理論については、本が一冊書ける程度の奥深さがあるので、別の機会に詳しく述べる。

さて、階層構造を作り企業内ネットワークを統治・管理するとき、各部課向けのルータ (最近では、レイヤ 3 スイッチを利用することが多い) の設定をする必要があるが、このルータの設定上は、IP アドレスを手動で設定ファイルに書いていく必要がある。この課はこの IP、あの課はあの IP、という具合である。

これが行える大前提として、最初の「10.」の部分は固定的にその企業全体で未来永劫利用できるという保証がなければならない。仮に「10.」はもう使えません、「11.」を使いなさい、ということになれば、すべてのルータの設定を変更して回る必要がある。ルータだけではなく、ログの管理や、ファイアウォールや、メールサーバーや、イントラネット・サーバーといったものを、すべて変更しなければならない。それは大変である。

そこで、インターネット愛好家たちは、西暦 1996 年 2 月に会議を開いて、この「10.」という数字は、呪いのマジックナンバーとして、絶対的に各組織の内部で利用する (インターネット上では決して利用しない) ということを、皆で決めて

しまった[①]。そういう決議書を、RFC (Request for Comment) という。

面白いのは、RFC には何ら法的拘束力はないので、RFC に従わずに、「10.」というアドレスを堂々とインターネット上で BGP 広報することもできるが (それを行なうと、間違ってインターネットに「10.」というアドレスを宛先としてパケットを流してしまっているすべての装置からの通信を傍受できて、楽しいことは間違いがない。)、もしそれを誰か悪い人がやると、皆から白い目で指を指されて、その BGP 広報者のルータは 15 分後くらいにはインターネット上から排除されて今後数年間くらい村八分にされてしまうであろう。

このような理由で、各組織内部で「10.」を利用しても、それは、インターネット上の他のサーバーと重複しないので、不具合が発生することなく、安全である。

社内 LAN において IPv6 を適用しようとすると、同じように社内全体を 1 つの大きな IPv6 ネットワークで捉えて、これを部門ごとにサブネットワークに細分化していって管理するという必要が生じる。これを行なわなければ、社内 LAN は、無法地帯になるためである。

ところが、ここで大きな問題が 2 つ発生する。

第一の問題 ― IPv6 アドレスが /56 という IPv4 プライベートアドレスのサブネット空間自由度よりも小さい単位でしか割当てられない

第一の問題は、フレッツ網では原則として IPv6 の IP アドレス (群) を、1 つの回線について、/64 という単位でしか割当てない (前述の 1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個である。) という問題である。IPv4 では、1 つの部門用の最小の LAN を構築するためには、まさに /64 が 1 つ必要になる (つまり、1 つの部署ごとに、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個必要になる。) から、フレッツの /64 では、1 つの課のネットワークしか作れない、ということになってしまう。

ところが、実はこれには裏技があり、既存のフレッツ回線において「ひかり電話」を経由すると、突然、アドレスが /56 も潤沢にもらえるのである。この /56 と

---

① RFC1918 「Address Allocation for Private Internets」 https://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt

いうような表記方法や意味については、IPv6 に関する基本部分の解説が必要なので、ここでは簡略化してして説明するが、/56 というのは、「/64 のネットワークが 256 個分もらえる」という意味である。より正確に書くと、47 垓 2236 京 6482 兆 8696 億 4521 万 3696 個分の IPv6 アドレスがもらえるようになる。「ひかり電話」を契約しないと、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個しか IPv6 アドレスがもらえないのに、「ひかり電話」を契約した途端、その 256 倍もの 47 垓 2236 京 6482 兆 8696 億 4521 万 3696 個も IPv6 アドレスがもらえるというのは、本来はひかり電話を実現するための内部的事情でそうなっているが、結果的に有利なので、電話としての「ひかり電話」が要らなくても、IPv6 アドレスを多数もらうために「ひかり電話」を契約する、というパワー・ユーザーが生じた。

実はひかり電話の有無による収容ルータの挙動の違いはもう 1 つあり、ひかり電話なしの場合は、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個の IPv6 アドレスに対して直接フレッツ収容ルータが対話するが (ここには、さらに億深い問題がある。対話する際のハードウェア固有識別子解決のテーブル数に上限があり、実際には、1844 京 6744 兆 737 億 955 万 1616 個の IPv6 アドレスのハードウェア固有識別子を管理することができない。)、ひかり電話ありの場合は、収容ルータとユーザーのルータとの間では、少し変わった 1 個のクッションが追加され (そのクッションは、ユーザー側で用意することになる。)、47 垓 2236 京 6482 兆 8696 億 4521 万 3696 個分の IPv6 アドレスの実際のハードウェア (PC 等) との対話は、ユーザー側のクッションの責任となるのである。

このように、実はひかり電話を契約したほうが、ネットワーク的にはきれいに、安定して IPv6 を利用できる。

しかし、IPv6 の本質と異なる「ひかり電話」の契約の有無によって、もらえる IPv6 アドレスの数が 256 倍も変わったり、通信の方式が変わったりするのは、明らかにおかしい。ひかり電話という無関係な部分をのぞいて、支払う料金が同一なのに、サービス内容が不公平である。

そこで、最近のフレッツ光クロスという 10Gbps のタイプでは、ひかり電話契

約がなくても (なお、実は本文書執筆時には、フレッツ光クロスではひかり電話が提供されていない。)、最初から、従来型でひかり電話がある場合と同様の方式に合わせることになった。色々と面白いことがあるのである。

ところが、フレッツ光ネクストでひかり電話を契約し (または、フレッツ光クロスを契約し) たとしても、もらえるアドレスは、/56、すなわち、「/64 がわずか 256 個分」しかない。他方、企業の LAN は、従来より、IPv4 プライベートアドレスで示すと、例えば、「10.a.b.c」のような少なくとも 2 階層の IPv4 アドレス割り当てとなっているのである。具体的には、a は本部や部の番号、b が課の番号、c が課の中でのユニークなコンピュータの番号 (c は DHCP という仕組みで自動的に割当てられることも多い。) というようになっているのである。ここまで広いアドレス空間でなくても、ある程度の規模の企業においては、やはり 2 階層が出現しなければならない。また、社内部門以外に、研究開発用のサーバーを置いて色々と実験したり、社内向けクラウド・サービスを構築したりする用途もあり、結構深い階層構造のアドレッシングを必要とする。さらには、IPv6 導入時においては、アドレッシングは、すでに IPv4 の時代で形成されている階層構造があり、これを IPv6 においても適用した上で、IPv4 と IPv6 とを共存させる (これを、IPv4/IPv6 の「デュアルスタック」構成と呼ぶ。) 方法がほとんど必須となる。そのため、多くの組織において、階層部分に利用可能な自由度部分は、個数にすると 65,536 個、ビット数にすると 16 ビットという幅が必要である。

しかし、フレッツの仕組みだと、/56 (/64 が 256 個分) しかなく、階層構造を作るとしても、自由度は、IPv4 で得られていた 16 ビットの半分の 8 ビットしかない。これでは、企業の階層構造を反映させて、IPv4 と IPv6 のデュアルスタックを実現するのは、到底困難であるということになる。

前記のような IPv4 と同じ企業内 LAN の管理ポリシーの考え方でいくと、IPv6 で /64 を LAN の物理的な最小構成として、IPv4 の「10.」の場合と同様に 16 ビットの自由度を階層部分に持たせるとして、64-16=48 ということで、「/48」のサイズの IPv6 アドレス空間 (正確に個数で示すと、1 秭 2089 垓 2581 京 9614 兆 6291 億 7470 万 6176 個) が、フレッツ 1 回線あたりに

割当てられることが必要であるということは、誰でも、容易に想像がつく。

実はここに、大いに驚愕すべき過去の事実がある。西暦 2013 年頃までは、NTT 東日本は、フレッツ網において、上記の正しい計算結果に基づいて、ユーザーに対して 1 回線あたり「/48」のサイズで IPv6 アドレスサイズを配布していたのである。ところが、2013 年頃に、なんと、変更が行なわれて、突如、IPv6 アドレスサイズが、こっそりと「/56」に縮小されてしまった。これも、ユーザーに対して何の同意もなく、突然仕様変更されたのである。どうやらその理由は、最初「/48」でフレッツ網のアドレス割り当てを始めてみたら、思ったよりフレッツ網のユーザー数が増え、足りなくなってきたので、「/56」にこっそり変更したというものだそうである。最初から、結構余裕をもった広大な領域を IPv6 空間で確保しておくべきだが (IPoE の ISP がこれらを自前で確保することになっている。)、確保すべき領域はすでに ISP によって確保され、それで運用が開始されてしまったので、後から全体領域を変更 (拡大) できず (本当はできるのだが、色々調整がと大変である。説明しなければならないためである。)、1 ユーザーあたりのサブネット長を /48 から /56 に狭めるのが一番簡単だということになって、そうしてしまったようなのである。

この結果、フレッツ回線の IPoE 方式では、企業 LAN において必要なプレフィックス長が、全然足りなくなってしまった。

そもそも、IPv6 の存在意義は、IPv4 では不足しがちなアドレス資源を、とても広い 128bit 空間の余裕によって増大させ、ネットワーク構築の自由度を高めることにあったのではなかったのか。

ところが、なんとフレッツ網の IPoE 方式の IPv6 でアドレスが割当てられたネットワークは、IPv4 のプライベート IP アドレスである「10.」よりも、サブネット設計の自由度が、なんと半分に減らされ、企業 LAN では IPv4 と同様の自由度で利用できないものになってしまったのである。大規模商用ネットワークにおいて、IPv4 時代の計算間違いと同じ結果が、IPv6 でも発生した、おそらく世界

初の瞬間であった[①]。

ここで、誰もが疑問に思うことは、「それならば IPv6 もプライベート IP アドレスというものを考えて、企業内で NAT をすればよいのではないか。」というものである。この発想は、IPv6 規格に、当初、存在した。IPv4 における「10.」のようなプライベート IP アドレスと同様に、「サイトローカルアドレス」として、「FEC0::/10」というものが、いったん定義された。しかし、それでは IPv6 の意味がなくなるという訳で、2004 年にこのアイデアは廃止された。廃止されて良かったのであろう。IPv6 の意義がないことになってしまう。

この第一の問題でもかなり深刻であるが、IPv4 (/8) がサブネット自由度が 16bit 分あり、他方でフレッツ網で割当てられる IPv6 (/56) がわずか 8bit しかなかったとしても、企業内ネットワーク管理者が苦行を経て何とかこの 8bit に企業内全組織を収めるということも、可能かも知れない。2 階層の企業組織を、1 階層にフラット化したものと擬制すればよい。

ところが、これで安心をした企業内 LAN の管理者がいざフレッツ網の IPoE IPv6 アドレスを用いて企業内 LAN を設計しようとすると、より強敵の、第二の問題が、突如として姿を現わすのである。

第二の問題 ― IPv6 アドレスが突然変更されてしまう

第二の問題は、先に述べたプレフィックス (= ユーザー回線に割当てられる IPv6 アドレス空間) が、NTT 東日本側の都合により、突然変更されるリスクがある (かつ、前もってそれを知ることができない) という問題である。

これは、企業にとって、大変恐ろしい問題である。IPv4 は、プライベート IPv4 アドレスを利用することを決心してネットワークを構築するので、企業 LAN では、「10.」の下位のアドレスは後から他人都合により変更が必要となる可能性はない (唯一の例外は、企業同士が合併した場合で、この場合、ひじょうに苦労しながら、2 つの銀河系が 1 つに交わるように、アドレス空間を整合させなければならない。)。

---

① https://www.janog.gr.jp/meeting/janog29/_downloads/janog29-ipv6cpe-after-tsurumaki-01.pdf

ところが、IPv6 アドレスは、フレッツ網から割当てられる IPv6 アドレス空間が、まさに企業内 LAN のすべてのネットワーク、すべての PC に割当てられる IPv6 アドレスの基礎となる最も広範囲の領域 (サブネットという。) を示しており、その割当て IPv6 アドレス空間が突然変更になってしまうと、企業内の全部のルータ、サーバー、プリンタ、PC 等のネットワーク機器の設定をやり直さなければならなくなってしまう。

純粋な PC は、IPv6 における LAN 上の IP アドレス自動割当機構により、手動設定は不要であるが、それ以外のすべての機器のネットワークパラメータを再設定し直さなければならない。そして大変恐ろしいのは、全部の再設定が完了するまで、全くフレッツ網を用いた IPv6 通信が行えないということである。IPv4 のようなプライベート IPv4 アドレス + NAT の概念が存在しないので、必ずこのようになってしまう。

これでは、全企業 LAN 管理者は、恐ろしすぎて、フレッツ網の IPoE IPv6 通信機能を用いて、企業 LAN に対するインターネット接続を構築することはできないことになってしまう。

第一の問題は程度問題であり、努力と工夫で何とか解決できるものであるが (IPv6 のほうが IPv4 よりも努力が必要になるのは本末転倒であるとしても)、第二の問題は、重大なリスクである。企業全体のインターネット通信が、NTT 東日本側都合で、予告なく、突然全部止まってしまうリスクである。

そして、第二の問題が解決される良い手立ては、今のところ存在しない。今後の技術革新が必要である。

(18) PPPoE 方式の IPv6 では、一応、(ISP が事業を継続する限り) 問題は生じないいように見えるが、IPv6 ISP が置換不可能になり、実は大きなリスクが長期的に発生する

とても面白いことに、PPPoE 方式の IPv6 では、アドレス固定は可能で、/48 等の幅広いアドレス空間割当ても問題無く可能であるので、上記のような企業 LAN における重大な問題は生じず、企業 LAN の構築のためにリスク低く利用す

ることができる。

ところが、実はここに予期せぬ長期的リスクの問題が 1 つ潜む。

これは、IPv6 の本質的な問題であるが、企業は、ISP が所有する IPv6 アドレス空間の一部を借りて企業内 LAN を組むことになる (IPv6 にはプライベート IPv4 アドレスや NAT のような仕組みがないので、必然的にそのようになる。)。ところが、ISP は一民間企業であるので、ISP が事業継続できるかどうかは、その民間企業の自由な意思決定や経済上の資力によって左右される。ユーザー側企業としては、どうしようもない。ISP の大小は、あまり関係がない。大手 ISP でも、M&A で買収されるなどして、主要サービスを撤退したり、縮退させたりする可能性が存在するためである。

また、事業途中で ISP が倒産してしまったら、物理的に通信が止まるわけであるから、もうどうしようもない。

この問題の本質は、次のとおりである。IPv4 では、アドレスが不足したので、プライベート IP アドレスという概念が出てきて、NAT が普及した。この仕組みにより、インターネットアクセス用の ISP (単なる外を見に行くだけの ISP) は、いつでも置換可能であった。IPv4 では、ISP が合併、事業譲渡、経営破綻、縮退、解散しても、ユーザー企業にはほとんど問題はない。別の ISP を契約して、NAT の出口ルータの設定を書き換えればよい。

ところが、IPv6 では、ISP が割当てた IPv6 アドレスがそのまま社内 LAN の中で使われる。一度 ISP を選定してしまったならば、たとえ PPPoE 方式であろうと、その ISP と、ユーザー企業の LAN は、一蓮托生になってしまう。もはやその ISP から逃げることができない (入れ換えるには、社内 LAN の全部のネットワーク機器やサーバー機器の設定を間違いなく全部入れ換える必要が生じる。)。

ISP は、経営上の理由 (利益をより大きく得たい) により、いつでも、値上げをしたり、サービス内容を劣化させたり (収容率を上げるとそうなる)、上流回線の調達費用を節約したりするかも知れない。従量制にしたり、追加料金を支払わないと速度が低下するというような制約を課すかも知れない (ISP の歴史を見ると、契約後にそのような利益追求目的の約款変更を行なう例が数多く存在する。)。

繰り返しになるが、IPv4 の場合は、そのような場合でも、乗り換えが容易であったので、市場競争が働く。IPv6 ではそうはいかない。IT 事業者においては、無数の社内クラウド等が動作している。大企業においては、社内インフラの装置点数は何万点、何十万点もある。いずれも、さまざまな機器が動作しているので、これらを集中管理することは困難である。

これこそが、折角超高速・低遅延の IPv6 IPoE 通信が可能になったにもかかわらず、現在、日本企業の企業内 LAN において IPv6 が全く普及しない問題の根本原因の 1 つなのである。

移行が進まない原因を辿って突き詰めて考えると、必ず、この点が出現する。これは、現在の技術上の限界である。IPv6 における盲点である。日本企業において、IPv6 を導入しようと考えるとき、上記で述べたようないくつかの部分問題のうち 1 つでも発見されると (未解決問題であるから、賢明に設計をしていくと、これらの問題が発見されるのは当然である。)、そこで、話は進まなくなる。

その理由は、ここまで苦労して色々な問題を考慮してまで、今すぐ急いで IPv6 を入れる必要はなく、当面 IPv4 で良さそうだという気分が生じるためである。このようにして、企業は、長年 IPv4 のみの状態で固定化されているのである。

(19) さらなる IPv6 の根本的問題とそれを解決する方法 — 大量の経路を処理する BGP のソフトウェアルータ

上記の IPv6 の問題を根本的に解決する方法をさらに突き詰めて考えていくと、IPv6 アドレスを、ISP 経由の集約アドレスではなく、企業ごとに JPNIC 等からのアドレス管理主体から割当てを受け、これをインターネット上のルーティングで引き込めば良いという、インターネットの最も初期における全員対等参加型の原始的発想に戻るのである。

ところが、それを実際に行なうと、経路表 (ルーティング・テーブル) が爆発し、インターネット上の IPv6 経路数が、IPv4 の経路数よりも多いという結果になってしまう。

IPv4 の経路数は、現在 90 万経路程度でありかなり多いが、それでも、これは、

複数の顧客の IPv4 アドレスを集約しているので、かなり節約された結果である。すなわち、IPv4 では ISP 割当の IPv4 アドレス空間を細分化して、多数の IPv4 アドレスに分割して、ISP の内部的問題として多数のユーザーに配布している。

IPv6 でもこの方法を踏襲し、かつ、経路数をさらに少なくするために、断片化を避けようと、アドレス空間をかなり広くとった。ところが、断片化を避けた経路集約技術の大前提の条件は、ISP 割当てアドレスを複数のユーザー企業で分割して使用することにあった。この条件が、前記の問題で、企業においては大きな支障になる。

したがって、ユーザー企業の長期的保護と、ISP 本位におけるアドレス集約との 2 つの目的は、根本的に矛盾し、両立し得ないのである。この部分の矛盾衝突のうち、前者をとるべきか、後者をとるべきかという思想の対立が発生するのである。個人消費者の自宅のインターネットであれば、紛れもなく後者のほうがよい。

自宅の機器のアドレスは、変わってもよい。他方、企業であれば、本格的に IPv6 を導入するのであれば、前者しかあり得ないということになってしまう。

ここで、前者のユーザー企業本位における IPv6 アドレスのインターネットにおける直接広報の普及と衝突する問題は、インターネット上の BGP ルーティング機構の多くが、未だハードウェアによって実施されていることに由来する。

ルーティングに必要なハードウェアの半導体チップ (TCAM と呼ばれる) にルーティング・テーブルが乗るサイズには、根本的にコストあたり限度があり、その限度を超えるためには、製造コストがかなり増えてしまう。このハードウェア依存の限界を突破するためには、ソフトウェアによるルーティングが必要である。ソフトウェアであれば、コンピュータのメモリのサイズだけ (ほぼ無制限である。) ルーティングテーブルを乗せることができる。ところが、ルーティングテーブルを探索して、行き先を決定するための計算にハードウェア支援を利用できないので、パトリシアトライ (Patricia Trie)[①] と呼ばれる構造とアルゴリズムを利用することになる。

[①] https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%BA%E6%95%B0%E6%9C%A8

そこで、このパトリシアトライを高速化し、ハードウェアに近い性能をソフトウェアで達成する方法がさかんに研究された。

極めて優れた手法は、東京大学の浅井大史氏と NTT コミュニケーションズの小原康弘氏による「Pop Trie」という画期的なアルゴリズムである[①]。これに基づいて、NTT コミュニケーションズにおいて「Kamuee」という名称の BGP ルータソフトウェアが開発された[②]。これは、世界のハードウェア偏重のインターネットコアルータの歴史を塗り替えるべき画期的技術革新である。この技術革新の要点は、Intel の汎用 CPU のキャッシュ領域に、パトリシアトライのデータ構造をかなり工夫して圧縮して格納してしまい、速度を大幅に高速化するという手法である。

このような新たな手法がインターネットで普及したならば、インターネットのルーティング・テーブルの数の肥大化はさほど問題でなくなり、すべての企業が、IPv6 アドレスは、ISP を経由せず正規に割当てを受けるという方法に移行できるかも知れない。

👉 ところで、少し話はずれるが、IPv6 の話で「PC の集中管理」という話題が出たので、「集中管理」について、10 年後の日本企業の利益を考慮して重要なことを記載する。

仮にすべての IT 機器や PC 等を、過度に厳しいセキュリティ管理システムで揃えて管理する等、無理に強権的集中管理を強いると、企業組織の自律性・多様性を損ない、企業の神経系を損傷し、せっかく雇用した優秀な社員による業務革新活動や技術探求による人材育成活動や新たな事業開発行為が困難になり、莫大な逸失利益が企業に発生するおそれがある。

このことは、これから 10 年以内に、さまざまな大企業における企業統治における重大な内部的問題となるであろう。

企業というものは、IT システムについては、特に、常にクリーンな状態を保たな

① https://conferences.sigcomm.org/sigcomm/2015/pdf/papers/p57.pdf
② https://ascii.jp/elem/000/001/691/1691592/

ければならない。それが、健全で免疫力があり判断力がある IT 人材を社内に一定数維持するために必須の条件である。公害問題や二重帳簿等の不正または脆弱な体質と同様に、各種の強権的集中管理システムが企業の神経系統である IT システムに、一度付着し侵入してしまえば、それによって発生する企業の身体不調は、10 年くらいかけて漸進的に進行し、ある時発症する。1 件のたいしたことがない表面的インシデントを防ぐことができるかも知れないが、組織の自律性・多様性・免疫力・知能が低下し、100 件の重大なインシデントが発生し得る状態になる。そこで、100 件のインシデントを予防するために、もはやさらに自由を規制するしかない。これにより、やがて、最初の 1 件のインシデントを防いだことによる利益の 1,000 倍もの損失が発生する。自由を規制すると、優秀な人材は離職し、新たに入って来ない。もはや手遅れの状態に近付いている企業もある。これは、短期的な安楽さを追い求めて長期的な損害を発生させる、企業に対する一種の背任行為である。

これから、企業・株主から運営を委ねられていることを常に自覚している管理者になる現在の若い優れた人材は、できれば組織内におけるそのようなものの発生を予防すべきであるし、それができなくとも、そのようなものからできるだけ遠ざかるべきである。

もし、この表面的集中管理強制行為に加わってしまったならば、それによって企業に損害が発生することが顕在化することになる 10 年程度後に、すべての責任を、理不尽にも押し付けられるかも知れない。

そして、実は、この現在のビジネスモデルにおいて、利益を得て逃げ切ることができるのは、実は企業のためにならない、企業に損害を与える集中管理システム群を、短絡的に企業に注入し、企業に損害を与える表面的 IT 技術者集団なのである。

日本企業群の健全な成長の可能性を犠牲にすることとの引換えに、表面的 IT 技術者集団が利益を得るということは、何としてでも避けなければならない。それは、日本企業群は、これから大いに発展して、日本が再び世界における主要な領域の中心的存在になる責任と役割を負っており、日本企業の健全性とそこに集まる社員たち集団の頭脳の能力は、維持され、継続発展される必要があるためである。これを阻害することで利益を得る手法は、やめたほうがよい。

様々な短絡的集中管理手法やビジネスモデルは、昔から、さまざまな商法で存在した。昔は、企業は賢く、個人は弱かったから、個人を対象に不利益なものを販売

し、依存させ、衰退するまで利益を得る様々なモデルが流行った。ところが、最近は、個人のほうが賢くなってきて、むしろ企業のほうが脆弱となり (これが、日本における興味深い現象である。)、付け入る隙を与えてしまっている。強権的集中管理の仕組みは、その企業の判断力低下の傾向を、ますます強化することに資する。攻撃者の視点を想定してみると、二重の利益が得られて良いのである。

そこで、学生は、これから社会において技術者となったならば、技術の本質をより深く理解した上で、その技術の本質と、優秀な社員の自律的・多様性に立脚したサイバーセキュリティの正しい対策手法を、惜しむことなく、自らの組織や同朋の企業や顧客に、伝播するとよい。それには大きな価値が生じる。表面的 IT 技術者集団から、自分が入社した日本企業そのものや、その同朋たちを守るのである。

そのために、IT 技術や、それに関連する様々な領域を勉強をし、得た知見を、社会で使うべきである。これを各個人が自らの頭脳を用いて、独立的・協調的・並行的に日本社会で行なえば、日本の有する諸問題は解決をし、われわれは、再び日本において、奇跡的成果を得ることが可能である。

上記は、短絡的で企業組織の自律性・組織性・多様性・免疫力に長期的に悪影響を与える集中管理システムについて言及するものである。優れた管理支援システムも数多く存在する。それらは、導入する主体が中身を深く分析した上で判断し、自らの手足としてそのようなシステムを使い企業の健全な状態に維持することは、ひじょうに素晴らしいことである。重要なのは、企業利益を考慮しない可能性がある部外者の話を真実であると盲信することは、よくよく避け、自ら対象システムの中身をよく分析し、それが自企業に長期的に与える影響を、IT 技術だけでなく、すべての経営的側面からできるだけ予測した上で、自分の頭脳で判断をし、その結果に全責任を負うことである。その責任を負えないのであれば、企業内で意思決定に参加してはならない。無責任は、確率的に、誤った決定を誘引するおそれが極めて高い。それにより、企業には、長期的障害が発生する。

👉 **IPv4 アドレスが日本人の技術革新のために不足している理由** これは、資源分配の失敗であり、それにより、日本人の技術革新の阻害は、おおいに阻害される。

技術革新のために利用可能な IPv4 アドレスの不足は、ついに日本の未来を背負っているデジタル庁にまで発生した。

われわれが、様々な IT 技術や行政サービス等を生み出すには、ユーザーとして既存技術を使うだけでは足りず、必ず、技術革新が必須である。実は、IPv4 アドレスを、単なる ISP 事業に使うだけでなく、技術革新や国の IT 戦略を担う者たちがふんだんに利用できるようにして、さまざまな技術革新のために試行錯誤的に利用できる状態の実現が必須である。IPv6 が普及し始めた現在でも、これは変わらない。むしろ、IPv4 と IPv6 の共存世界における技術革新にこそ、価値があるものが生まれる。米国の大手クラウド事業者等 (AWS 社等) は、まさにその最重要なポイントを理解している。彼らの VPC (仮想ネットワーク) における IPv4 と IPv6 の高度な融合を見るとよい。そして、彼らが全世界中から安値で大量に買収している IPv4 アドレスの束を見るとよい。

日本においては、大学生や企業内技術革新人材や、さらには、国の IT 政策を担うこれからの若い優れた公務員技術者たちに、IPv4 アドレスを用いた技術革新行為を容易くするための、何らかの仕組みが必要である。これは、日本だけでなく、国際的にみて、どの国でも必要である。ところが、これは、いずれの国でも、全く実現されていない。後述するように、無意味に IPv4 アドレスを占有し続けている者たちが、これを開放するインセンティブのある豊かなルールが存在せず、占有し続けた者勝ちの状態になっていて、全世界の倉庫に死蔵されている。

IPv4 アドレスについて調べると、色々とインターネット上の不公平の歴史が明るみに出る。IPv4 アドレスは前述のとおり 32bit の長さしかなく、理論上 42 億個しか理論空間上に存在しないので、各組織で IPv4 アドレスを 256 個とか 65,536 個等確保して使うことができなくなってしまったためである。実は、ここに現在のインターネット上での最大の不公平と不合理性と亀裂が宿るのである。インターネットの実験が始まったときは、これは実験であったので、誰でも、「自組織には、たぶん 3 万台くらいのコンピュータがあると思う。」と言えば、「はい、では 65,536 個割当てます。」という具合で、現在よりもかなりおおらかに管理をしていた。「我が組織は、最大 1,677 万台のコンピュータを擁する予定になる、大規模組織である。」と示せば、「はい、では 1,677 万 7,216 個割当てます。」という具合で、現在よりもかなり大盤振る舞い的に属人的にやっていた。

IPv4 アドレスは、全部で 42 億 9,496 万 7,296 個しかない資源であるが、インターネットは、単に実験だと考えられていたので、不足することなどないと思われていたのである。

しかし、実際には、その実験的なネットワークが、そのまま世界最大の共同ネットワークとしてのインターネットになってしまった。そして、IPv4 アドレスの割当て表上は (これは Whois データベース呼ばれる。実は、IP アドレスの割当て票である Whois データベースは、単なる一私人が管理している表であり、何らそれに従うべき法的根拠はない。しかし、事実上、インターネットの多くの人たちが便利なのでそれに従う状態になっていて、権威が発生している。この権威を突き詰めていくと、これは、地方の豪族が立ち上げた民営登記所のようなものである。誠に面白い現象である。)、インターネット上では、最初は固定資産税のような仕組みも何もなかったので、このような資源は、一度取った物勝ちということになる。

IPv4 アドレス資源の取得は、ゼロリスク、ハイリターンであった、ということになる。昔、一度取得してしまえば、自ら不要だと宣言して放棄しない限り、手放す必要がないのである。

このような次第で、「Apple Inc.」が「17.」を全部持ったままになっていたり (インターネット全体の 256 分の 1 の持分である。)、「米国郵便公社」が「56.」を全部占有していたり (同等の持分である。)、「Ford Motor Company (フォード社、自動車会社) 」が「19.」を全部占有していたり (同等の持分である。)、本当に訳がわからない状態になっている。

他方で、2010 年頃からインターネットに参加し始めた組織は、IPv4 アドレスが大いに不足していて、今や、大企業であっても、ISP 経由で「もう IPv4 アドレスがありません。1 社あたり 1 個とか、せいぜい 8 個とかしか在庫がないのです。」、というように言われて、後発利用者は、とても窮屈なところに閉じ込められているのである (実は、日本では、本当は、JPNIC から直接割当てを受けようとすれば、まだ若干在庫がある。後述のデジタル庁は、2021 年に出来た後発組織なので、何とかして雀の涙の 512 個の IPv4 アドレスを確保した。)。

これは、人間の歴史上最大の資源割合の不公平さである。貧富の格差問題よりもさらに激しい問題がある。全世界の生活がインターネットに載っているのに、その土地をごくわずかの者たちが広く占有している。これを解消して分配を実現するた

めに、IP アドレスを土地の取引のように自由競争に委ねようということになり、オークションが開かれている。その結果、IPv4 アドレス 1 個は、値上がりして、なんと 3,000 円以上になっている。ところが、一番最初に「19.」等を手に入れた人たちは、まさに濡れ手に粟で、現在のような厳密な割当てルールがなかったときに、たとえば、土地を囲んで開拓し、時効取得した等ではなく、コストをかけずに、「1,677 万個ください」と言ったことにより、ポンと 1,677 万個をもらえたのである。1,677 万個のアドレスの市場価値は、単純計算すると、なんと 503 億円である。値上がりは続いているので、無駄に持っている組織も、なかなか手放さない。そして、そもそも、もともと取得するのに相応のコスト (投資) がかかっていない、リスクゼロの資源を、不必要に確保しておくだけで、後から転売すると莫大な利益が得られる状態になっている。これでは、ゼロリスク・ハイリターンを認めることになり、配分的正義に反することになる。

そこで、この問題を解決できそうな、新たなアイデアが生じ、これはルール化された。すなわち、インターネット全体における IPv4 アドレスの登記所のようなものがあり (前述の Whois データベースを管理する、ARIN や JPNIC のようなアドレス管理組織である。)、それに運営コストがかかっているので、IPv4 アドレス保有者は、IPv4 アドレスを占有している量に応じて、固定資産税のように登記所運営コストを支払うようにすれば良いのではないか、というものである。そうすれば、IPv4 アドレスを膨大に持っている人は、持っていても無駄なだけなので、適宜手放したていきたい、というインセンティブが働く。そうすれば、本当に IPv4 アドレスが必要な人に IPv4 アドレスが行き渡るのではないかという点に、価値があるルールである。

ところが、面白いことに、これがまた資源分配的観点から不公平なルールになってしまった。配分的正義の実現が今重要であり、これを実現するためには、普通であれば、土地の広さと同様に、IP アドレスを有している個数に "比例して" 社会コストを分担することが、正当化される。しかし、なんと、IP アドレスを有している個数に対して、"2 を底とする対数に比例して" 分担する、という驚異的なルールになってしまったのである[①②]。さらに、これに絶妙な式がさらに修正して加えられ、

① https://www.arin.net/resources/fees/fee_schedule/
② https://www.nic.ad.jp/ja/ip/member/fee-table-2012.html

後発的事業者はさらに不利になるように設計された。

この後発的事業者がさらに不利になるように設計されたルールの結果、次の計算が生じた。『IP アドレスを 256 個有している後発的事業者は、256 個に対して 55,000 円 / 年を支払え (IP アドレス 1 個に対して、215 円 / 年も支払え。)。他方、IP アドレスを 16,777,216 個有している既得権的事業者は、16,777,216 個に対してわずか 3,659,791 円しか、支払わなくてよろしい (IP アドレス 1 個に対して、0.22 円 / 年しか支払わなくてよろしい。)。』

なんと、後発的事業者は、IP アドレス 1 個あたり占有スペースにおいて、既得権的事業者と比較して、977 倍も高額な固定資産税相当の費用を負担させられているのである。

このような、数式上に 「$\log_2$」という文字を挿入するだけで、莫大な不公平性を生じさせ、インターネットへの新規参入を難しくするような非民主的な意思決定を許してしまった理由は、実は、後発的事業者たちの政治的無関心にある。物理的社会とよく似た原因でである。

上記の費用配分ポリシーが定められたとき、このようなポリシー策定は、一応民主主義的に行なわれた。誰でも意見を述べることができる。既得権的事業者たちは、既得権的事業者たちに有利なポリシー案を提案する。2 を底とする対数 ($\log_2$) に基づく数式が良い、という具合である。絶妙な不公平ポリシーでも、民主主義的プロセスを経てしまえば、合法になる。後発的事業者たちとしては、$\log_2$ というのは、えらく難しそうな数式だし、それで将来別に困らなさそうだということで、後発的事業者たちがその件に注目をしないか、声が挙がっても小規模に見えれば、それで、既得権的事業者たちの目的は達成できる。

後発的事業者たちは、実は、団結すれば数は多いので、既得権的事業者に勝てるのである。しかし、それを行なわずに一度ポリシーが決まってしまえば、決まる前と比較して、覆すのは、既得権益を有する人たちからの反対が大きくなり、困難性が増す。

また、実はポリシー策定の議論・提案段階までは比較的に民主主義的に行えるが、よくよくルールを検証すると、実は、ポリシーの実際の制定の策定権は、アドレス管理組織に存在する。この組織の意思決定は、法人格を持っている会員 (これは 1 票あたり毎年 100 万円を寄付する必要がある。) による投票で、直接民主的または

間接民主主義的に行なわれる。そして、年間 100 万円一票の原則で理事が選出され、理事会が構成されるのである (1,000 万円を出せば、10 票まで得ることができる。厳密には、1000 万円があれば 9 人分の推薦権が得られて、自らとは別に 9 人分の投票権者を、お金で購入できる。[①])。

すなわち、例えば 512 個の IP アドレスしか割当てられていないけれども前記の不公平な 2 を底とする対数ポリシーが原因で不利益を被っている後発的事業者は、まず、その 512 個の IP アドレスを用いて、年間数万円の利益を挙げ、その中から 100 万円を献金することで、ようやく実質的なポリシー決定者を間接選挙する権利が手に入るのである。512 個の IP アドレスしかないのに年間数万円の利益を挙げることができるはずはない。一方、大量のアドレスを有している選考事業者は、1000 万円の利益を余裕で挙げることができ、10 票購入できる。これでは、後発的事業者が、IP アドレスに関して、既得権的事業者と比較して、1 個あたり 977 倍もの、極めて高額な固定資産税相当の費用を負担させられている現状は、いつまでも変わらないであろう。

この不公平なポリシーが原因で生じている、不要な IPv4 アドレスをいつまでも占有したままにすればするだけ利益が生じるという既得権的事業者たちの含み益の増大が原因で、今や、大規模組織であっても、後発的事業者であれば、IPv4 アドレスはほとんど確保が期待できない状態になってしまっている (不要として返却する者が十分におらず、アドレス管理組織に在庫がない。)。

最近、日本でこのことにより技術革新的活動が妨げられ、困っているのが、デジタル庁である。デジタル庁は日本最大級の革新的な行政的組織として、日本の中でも最も強いデジタル能力を発揮した活動を行なわなければならないが、そのためには、単に民間企業のクラウドを利用するだけでは不十分なので、自ら必要な人材育成・発掘、試行錯誤、クラウド基盤の自作、セキュリティの確保等、検証を行なう必要が生じる。

そのためには、IPv6 アドレスはもちろんのこと、さまざまな検証や技術革新用の試行錯誤のための実験用グローバル IPv4 アドレスも、一定数 (少なくとも、小規模な民間事業者程度は) 必要である。

ところが、前述のようなポリシーの原因で、後発事業者に割当てることができる

---

① https://www.nic.ad.jp/doc/jpnic-00685.html

IPv4 アドレスの数は、在庫がなく、デジタル庁も、わずか 512 個 (103.157.242.0/23) しか、割当てを受けることができていない[①]。

これによりわれわれの国家的に発生する逸失利益は、莫大なものがある。IPv4 アドレスについて、配分的正義が欠けたポリシーが原因で、必要なところに必要な資源が行き渡らない問題は、単に民間だけの問題に留まらず、ついに日本の国家のデジタル戦略の中枢部分の発展可能性を、そしてわれわれ国民の共同の利益を、大いに妨げる状態に至ってしまった。

👉 このような日本における技術革新阻害要因を解決できる資源は、意外にも、日本企業や公的組織に温存されてきた使われていない IPv4 アドレス空間群である。

西暦 1990 年代には、IPv4 アドレスは、前述のようにかなり簡単に割り当てを受けることができたので、運良く早く生まれて西暦 1990 年代に存在していた企業は、65,536 個単位 (/16 単位) の IPv4 アドレスを大量に有している (「歴史的 PI アドレス」と呼ばれる。)。

たとえば、筑波大学は、130.158.0.0/16 と 133.51.0.0/16 の歴史的 PI アドレスを有している。日本では、400 個以上の会社や組織が、/16 単位以上の歴史的 PI アドレスを温存している。

このことは、日本社会のために幸いであった。各日本企業は将来のために多数の IPv4 アドレスを手放さずに保有しており、これらを活用することができる手法を合同で構築すれば、数々の IT 技術革新とサービス開発が可能となる。

これは、実はかなり国内に多量に存在する。短期的に不要であるとして IPv4 アドレス価格高騰に乗じて海外系クラウド事業者またはその代行業者たちに販売してしまうことによる利益と比較して、各企業がこれらの IPv4 アドレスを用いて自らデジタル技術の革新につなげる試行錯誤や実験を行なうことによる利益は、大きく上回る。

そのような次世代人材育成と技術革新に IPv4 アドレスが使える素晴らしい日がそのうち来るかも知れないという過去の優れた各企業の経営者達の経営的判断により、各企業の中では、/16 (65,536 個) 単位の IPv4 アドレスが眠っていきたの

① https://whois.nic.ad.jp/cgi-bin/whois_gw?key=103.157.242.0

である。ところが、眠っている期間が長すぎて、目覚める方法も忘れてしまっているケースが多い。

眠っている間に、上記のような当時の賢い経営的判断の理由をすっかり忘れてしまって、外国人に IPv4 アドレス全部を売ってしまうケースも多い。これは、誠にもったいないことである。65,536 個の IPv4 アドレスを外国人商人に売却すると、確かに、今すぐに 1 億円 ～ 2 億円が手に入るが、今後数十年間における数百億 ～ 数千億の利益をすべて失ってしまう。

そこで、次に誕生すると考えられるのは、日本企業に宿っているこれらの IPv4 アドレスの資源を、それらの企業内高度技術者や経営者たち、または同盟を組んだ他企業の人材たちが、共有して利用することができる仕組みである。

この仕組みは、IPv4 アドレスのオーナーシップは各組織で保持したまま、互恵的利益の期待値のほうが当該 IPv4 アドレスを今外国人商人に売却してしまうことによる利益よりも十分に大きいと考えられる水準を満たすことができるだけの、かなり自由で試行錯誤に向いた実験用ネットワークを、共同で構築することができるかどうかにかかっているのである。

そのような仕組みを作り出すことができれば、これは自然発展的に成長し、関係する日本企業群の内側から、内部的な人材育成、技術醸成、新サービス開発等の良い成長が自然と発生するであろう。これらは原理的に到達可能な点であり、また、投資もそれほど不要なのである。

このような有力な IPv4 等の資源が多数残っている日本企業群の未来は、かなり明るい。これらの資源が眠りから覚めて、西暦 2023 年以降の日本人たちの優れた技術者と経営者たちによって適切に活用されることで、日本における情報通信の技術的革新が発生し、世界最先端のクラウド・サービスを超えるさらなる技術領域を日本人たちが発展させ、ついには、全世界的価値があるさまざまな技術製品が生まれ、西暦 1900 年代の日本製品が世界を圧巻した歴史をさらに超える素晴らしい製品群が、西暦 2020 年代以降に、次々と生まれて、日本の国際競争力低下と国内の諸問題は解決されるのである。

そのための鍵としての、比較的重要な冬眠資源は、企業・組織が温存してきた /16 単位の IPv4 アドレスである。IPv6 との過渡期に差し掛かった今、技術的試行錯誤やサービス開発のための IPv4 アドレスの価値は、さらに高まって、最高水準に

達している。これらを不要になったとして返却しなくて、本当に良かったのである。歴史的 Pi アドレスは、日本のこれからの歴史を作るのである。

第 5 章　まとめ — 新たなる希望

ここまで見てきたように、日本国内においては、西暦 1990 年代はインターネットに否定的であった NTT 東日本は、西暦 2000 年にフレッツ ISDN とフレッツ ADSL を、西暦 2001 年に B フレッツを構築して、極めて安価な価格で高速インターネットアクセスを一気に実現した。

さらに、西暦 2001 年には現在の Amazon Prime ビデオ等の技術の先駆けである 6Mbps もの高精細映画配信を行なうためにフレッツ・スクウェアを立ち上げ、西暦 2004 年にはフレッツ網をすべて IPv6 化して網内通信を可能にしてしまった。

西暦 2008 年には B フレッツの知見をもとに新しい NGN 網を作り、フレッツ・光ネクストとして提供開始した。西暦 2011 年には IPv6 の ISP 通信が実現した。

1　西暦 1990 年代末 ～ 西暦 2010 年頃までの NTT を中心とした IT 業界の活気に満ちた雰囲気

実は、この西暦 1990 年代末から西暦 2010 年頃までの (分割後の) NTT 東日本が極めて活気盛んであった時代の雰囲気というものは、次のようなものであった。

すなわち、現代社会では、Google、Amazon、Apple、Microsoft 等の米国系大手インターネット事業者の力が強大となり過ぎて、権力が発生集中することの脅威が問題となり、いわゆる GAFA またはプラットフォーム事業者 (これは、和製英語であるという説がある。) として呼ばれ、国政や公論の場で GAFA にいかにして対抗するべきかといった話題に溢れている。そして、大量データ集中の脅威や AI の脅威等について、これらをどのように民主主義的に統制すべきか、盛んに議論されている。

この熱気と "全く" 同じものが、対象を「NTT 東日本」として、1990 年代末から 2010 年頃までの日本に存在した。当時の日本社会の IT 業界においては、総

務省 (合併前の郵政省) を中心として、いかにして脅威である NTT による強大な権力の発生・集中を緩和し統制すべきか、盛んに議論されていて、これにマスコミも加わり、多くの単行本も書かれた。

すなわち、現代の「GAFA の脅威」というようなキーワードが躍ってる現代の日本から、20 年前にタイムトラベルすると、そっくりそのままの形で、「NTT の脅威」というキーワードが至るところに溢れていたのである。NTT グループは、西暦 1985 年の民営化から西暦 2010 年までの間、紛れもなく、世界最高の IT 通信技術者集団であり、時価総額も世界一であった。

現在の米国における IT 企業の中心地の活気と同じものが、西暦 1990 年代 ～ 西暦 2000 年代の NTT にあった。NTT 東日本の内部においては、フレッツ・サービスおよびこれに関連する様々な施策に関する試行錯誤的構築が繰り返された。フレッツを作り上げた NTT 東日本の社員たちは、日々徹夜でこれに取り組んだ。その舞台は、伝え聞く話によると、3 箇所あったそうである。

1 箇所目の聖地として、NTT 東日本初台本社ビルの 10 階のフロアの一番北のあたりが、フレッツの誕生の地であるそうである。そのあたりは、その後 20 年以上経っても、大規模なフレッツ網検証スペースがあり、色々と実験用の機材が置かれていた。すべてのフレッツ回線の ONU 等が立ち並んでいた。これらは、西暦 2021 年ごろに別のフロアに引っ越ししてしまったが、今でも一応その形を保っている。

2 箇所目は、そのすぐ横のオペラシティビルで借りていたフロアで、これは 1 箇所目と一体となって機能していたそうである。3 箇所目は、浜松町にあった「シーバンス」というビルだそうである。フレッツを実際に構築する際のネットワークの試行錯誤は、ここで行なわれたという。当時の写真等があれば良いのだが、色々な関係者に聞いても、スマートフォン等が発明される前 (デジタルカメラも稀) の時代だったので、写真が見あたらない。

これらの拠点では、社員たちが寝袋を持って泊まり込んで、フレッツ網を作り上げるために調達する装置のベンダとともに、技術開発に勤しんだのである。これらはソフトウェアの比喩でいうと初代 Windows (Windows 1.0、2.0、3.1, 95, 98

等があった) や初代の MacOS のようなものの開発行為であろう。加えて、4 箇所目の聖地というものが存在し、これは NTT 武蔵野研究所で、いったん成功した B フレッツを電話会社的な思想で規格化し、フレッツ・光ネクスト (NGN) として作り直すというものであった。これらは同じ比喩でいうと次世代 Windows NT (Windows 2000, XP, 10, 11 等となった) や現代の macOS や iOS のようなものの開発行為であろう。

これを西暦 1990 年代末から西暦 2010 年頃までの間に、合計なんと 2 回も行うことに成功した程度に、当時の活気は、今と比べものにならないほど凄まじいものであったと思われる。

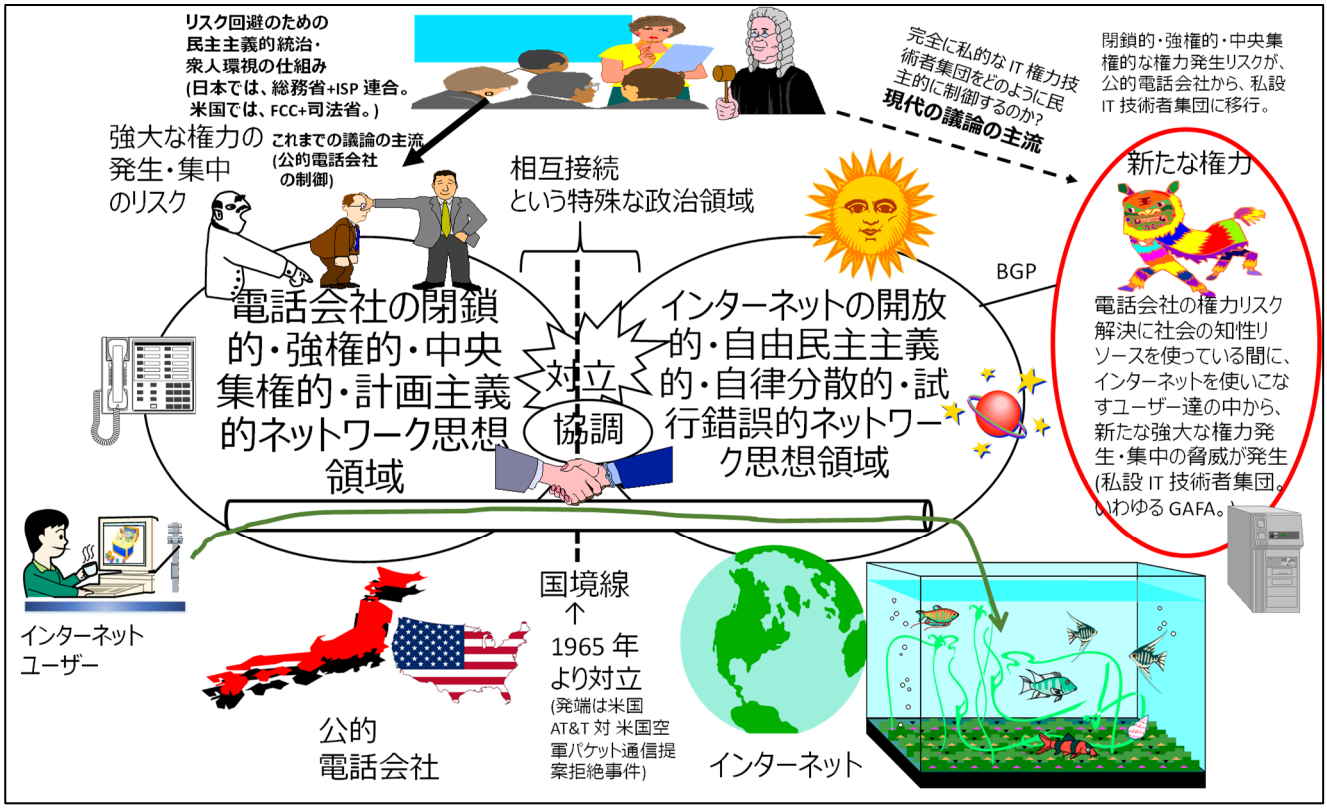
このような当時の極めて高能力の NTT 東日本のフレッツ開発能力は、NTT 東日本社内で試行錯誤を自ら行ないながら創意工夫をして B フレッツ網を作り上げた社員たちに由来する。

日本最高級 IT 技術者集団である。単に日本最高級だけでなく、先に述べたような、フレッツ・スクウェアの世界初の 6Mbps 級のストリーミング映画配信サービス開始、フレッツ・ドットネットの世界初の大規模 IPv6 ネイティブネットワークの構築成功等をみても、当時は、IP 技術については、NTT 東日本技術者達の能力は、世界最高水準であったといって、過言ではない。

このような世界最速の情報通信網の構築の速度に驚き、人々は、NTT 東日本に電話網の支配よりもさらに強大な権力が発生・集中してしまうのではないかと恐れ、マスメディアや他の通信事業者たちは、NTT 東日本の脅威を分析して主張し、NTT 東日本をいかに改革 (規制) するべきか、どのようにすれば人々の利益が最大化されるか、というような高度複雑な事柄を、通信技術、ソフトウェア技術および政治的技術を組み合わせて、本気で議論していたのである。

まさに、西暦 2020 年代におけるインターネット上の IT 私設技術者集団 (いわゆる GAFA、プラットフォーム事業者) に強大な権力が発生・集中することをどのように緩和するべきかを議論する、日本を含めた世界各国の人々、政治体制、メディアが議論していることと相似的である。すなわち、西暦 2000 年代の「NTT の脅威」を恐れる社会現象は、西暦 2020 年代におけるインターネット上の IT 私

設技術者集団の脅威という社会現象の、20 年前の先駆けであるといえる。



このような NTT が脅威であるとされるいう 20 年前の現象と、GAFA が脅威であるとされる現代の現象との両方をみると、事象の発生要因は極めて簡単なことであると築く。すなわち、これは、通信および IT に関する最高レベルの技術者集団が、いずれの組織に集結して活動しているか、という問題なのである。

西暦 2000 年頃には日本の NTT に、西暦 2020 年頃には米国 (および全世界) の GAFA に、通信・IT の最高レベルの技術者集団が集結しているという訳である。それらの能力が組織を通じて社会に発現すると、社会のほうは、NTT が恐い、GAFA が恐い、というように反応するのである。しかし、力強い能力があるのは、NTT や GAFA といった組織主体ではなく、その中でホストされている、通信・IT の最高レベルの技術者集団である。

それでは、なぜ、閉鎖的・強権的・計画主義的な NTT 東日本 (分割後) は、西暦 1990 年代末から西暦 2010 年代までの間、極めて速い速度で、社会に脅威に思われる程度の水準まで、技術的にも社会的にも的を射たサービス、米国 IT 企業

群が模倣するのに 10 年を要したような先進的サービスを、次々に開発・実装することができたのであろうか。そのポイントは、2 つあると考えられる。

第一に、WIDE プロジェクトの存在が、決定的に重要である。NTT 東日本のフレッツの成功の鍵は、NTT 東日本の外側にいるインターネット自由主義と技術理論について高い精度で理解をするに至っていた、NTT 東日本からみて外部的な日本人たちの力を、NTT 東日本は、秘かに得ていたという点にある。閉鎖的・強権的なはずの電話会社の中の当時の中堅・意思決定層は、インターネット自由思想と技術力を有する人材との間で、積極的な交流、共同実験、技術進化を行なったのである。当時の外部人材における高い素質を有する技術者兼経営者の集団として、特筆すべきなのは、WIDE プロジェクトであろう。WIDE プロジェクトの中の優れたインターネット人材たちが、閉鎖的な NTT 東日本との内通に応じて、力を貸し、必要なだけの技術的基礎や知見を惜しみなく注入したのである。この証跡や証言は、それから約 30 年経過した現在においても、さまざまな所で見つかる。

第二に、前述のように外部から高精度の知識を急速に吸収した後に、NTT 東日本の社員達自らが試行錯誤を行ない、さまざまな実証実験的活動を行なったことにより、実効力のある高速で高性能なサービスを、短時間で作り上げることができたという点にある。現存する技術の特性や市場調達可能な装置群、およびソフトウェアに関する知識等を幅広く、かつ、深く吸収し、これらを統合的に理解した上で、瞬時に意思決定を行なうことができる人材がいなければ、フレッツの開発と発展はあり得なかった。こういった人材は、机上の勉強や講習では決して生まれることはないか、誕生までに極めて長期間かかり、市場の進化速度に勝つことができない。そこで、実際に様々な装置やソフトウェアに触れ、ベンダと一緒になって実験をし、実際の網環境で試しに動かしてみるというプロセスが必須となる。この必須のプロセスを行なったのである。

このようにして、西暦 1990 年代から西暦 2010 年頃までの NTT 東日本のフレッツ網を中心とした奇跡的成長が実現されたのである。

2　企業冬眠説 ― NTT 東日本は、衰退したのではなく、単に眠っているだけである

それでは、NTT 東日本を脅威視する書籍が乱立した程度に社会に恐れられていた技術力を有していたはずの NTT 東日本の技術・サービス開発が、西暦 2010 年代後半以降からかなり、停滞してしまっている理由は何であろうか。

当時 NTT は脅威だと言われていたそのままの言葉が、西暦 2020 年代には、GAFA が脅威だという言論に変質してしまっている。

このマスコミのいう NTT 衰退の根本的に理由について、さまざまな説が唱えられている。おそらく最も有力な説は、前述のように、最高度の通信・IT 技術者集団が GAFA やスタートアップ企業に次々と入るようになり、NTT の技術的人材の平均水準が低下してしまったというものであろう。これは否めない面がある。NTT は、せっかくフレッツで大成功したはずなのに、なぜか昔の電話会社のような閉鎖的・強権的・計画主義的・ゼロリスク信仰の状態に揺れ戻ってしまったかのように見える。NTT に入社した若い優秀な人材が、GAFA 的な企業に転職するという話が時々聞かれ、日経新聞に「GAFA 予備校」と揶揄される程度である①。

NTT グループや NTT 東日本のこの状態は、日本企業全体の縮図である。たいていの日本企業には、最高度の技術者人材によって不向きな、経営事務的社内体制、制度、空気があることは、昔も今も変わらない。しかし、そのレベルは悪化しておらず、むしろ、改善されている。そもそも、高度人材というものは、経営事務的に制定されている大半のルールは超越することができるから、ルールはあまり関係ない。単に、ルールを超えて物事を行なう元気が、昔のように、みなぎっていないだけである。それに、最近の人材は比較的流動的なので、活気がある状態の企業であれば、人材は自然に集まるはずである。そうすると、現在の NTT 東日本の問題は、昔ほどに活気がない、元気がない、という点に尽きることになる。

それでは、なぜ NTT 東日本のような日本企業は、一見、昔のように元気がないのであろうか。なぜ、経営事務的に繰り返し同じことを行えてはいるが、新しい技術革新を起こす元気がほとんどないように見えるのだろうか。この現象が発生して

① https://www.nikkei.com/article/DGKKZO65251250Y2A011C2TB1000/

いる根本的原因は、何であろうか。同様に、他の多数の日本企業が、さらには、日本の行政府や政治家までが、現在正常なプロセスを働かせることができない状態になっている原因は、何であろうか。

これについて、さまざまな説が唱えられていきた。色々と高度複雑な理論がある。そういった理論で物事を解決できるのだろうか。われわれは、最も単純な、誰でも知っている理由を見落としているのではないだろうか。

過去の経緯を分析し、また、実際に内部から NTT 東日本を見てみた結果として、根本理由は、実は、極めて簡単なものであると感じられる。

すなわち、NTT 東日本は、単なる生命現象として、眠っているだけである。劣化も、衰退もしていない。企業活動、組織活動は、個人の活動と同様の生命現象である。組織は、単なる人の集合ではなく、単一の独立した「人」であり、人格が存在する。したがって、常にコンスタントに動作をすることはできない。集団組織においても、人間と同様に、心拍や呼吸のようなリズム、昼間と夜のようなリズムが存在する。ただし、それらの 1 日に相当する回転が数十年単位で極めてゆっくりであるため、波のように見えず、あたかも永続的に停滞してしまったように誤解されるのである。

毎日、8 時間くらい仕事を熱心にこなし、8 時間くらい適当に生活をして過ごし、8 時間くらい眠るという人間のサイクルを拡大して、今一度、NTT 東日本 (または身近な大企業) を冷静に観察してみるとよい。

フレッツ網の発展の歴史は、西暦 1980 年代 (民営化) ～ 西暦 1990 年頃 (インターネットの脅威) からぼちぼち目が冷めて、それから 10 年も経過した、西暦 2000 年頃に昼間の最盛期となり、西暦 2010 年代中頃には、主要な活動が終わっていったん眠りについた NTT 東日本における、目覚めていた期間である。だいたい西暦 2010 年代中頃から眠っていて、西暦 2020 年くらいが真夜中である。しかし、よく観察すると、眠って休んでいる人間も、再び起きて活動することに備えるため、体を維持するための繰り返し作業を、内部的に行なっているではないか。やはり、NTT 東日本も、眠っている間も、ちゃんと、機械的・無意識的に、生命の継続維持活動を行なっているのである。これが、NTT 東日本の経営事務的

作業、すなわち、決められたルール通りに毎日フレッツをひたすら開通する恐ろしく正確で高品質で単調な作業である。これらは無意識で行なわれているが、同時に、色々な夢など時々見ているのである。今、何よりも重要なのは、このままの状態で、自然な睡眠時間を経過したのちに目覚めることである。

すなわち、今は西暦 2023 年であるが、あともう少しすれば夜明けになり、NTTは、仕方無く起きてきて、技術革新的作業をやり始め、そのうちに、再び昼間になり、驚異的なサービス開発など行ない、新たな時代における社会のインフラと、技術革新の仕組みを、作り始めることになるのである。

そして、同様に単に眠っていた他の日本企業も、行政役所も、これに引きずられて、仕方無く次々に起きてきては、日本の次の黄金時代を実現する仕事に、それぞれ取り組み始めることになるのである。

参考文献

(1) インターネットの起源
https://www.amazon.co.jp/dp/4756134793/

(2) 石田晴久先生の書籍 UNIX最前線 等
https://www.amazon.co.jp/s?k=%E7%9F%B3%E7%94%B0%E6%99%B4%E4%B9%85

(3) タネンバウムの書籍 OS、分散システム、コンピュータ・ネットワーク 等
https://www.amazon.co.jp/s?k=%E3%82%BF%E3%83%8D%E3%83%B3%E3%83%90%E3%82%A6%E3%83%A0
https://www.amazon.co.jp/dp/4894715562/
https://www.amazon.co.jp/dp/4894717697/

(4) 村井純先生のインターネットの文献
https://www.amazon.co.jp/dp/4320026675/
原理・プロトコル・アーキテクチャ （TCP-IPによるネットワーク構築）等

(5) インターネットの BGP 技術の基本書
https://www.amazon.co.jp/dp/4894710331/

(6) インターネットを動かす装置の内部を解説する書籍
https://www.amazon.co.jp/dp/4797317264/

(7) 代表的な OS である Windows (今の大半の PC の基礎部分) の内部構造や設計思想を解説する書籍
https://www.amazon.co.jp/dp/4756102778/

(8) 通信インフラの内部構造や設計思想を解説する書籍例
日本人が書いていてわかりやすい。実際の KDDI の専用線ネットワークの仕組み。
https://www.amazon.co.jp/dp/4885522110/

(9) デジタル社会を支える光ファイバ通信システムの基本書
日本全国津々浦々のネットワークの最も基本的な構成要素について理解するために有用
https://www.amazon.co.jp/dp/453403914X/
https://www.amazon.co.jp/dp/488549303X/
https://www.amazon.co.jp/dp/488554940X/

(10) NTT 社歌 (昭和 63 年)
https://www.youtube.com/watch?v=WPYfFZdGSZU