

IAM Discussion Paper Series #007

製品アーキテクチャのダイナミズムから見たインターネット・システムと
シスコシステムズの標準化ビジネスモデル・知財マネジメント

—日本型イノベーション・システムの再構築に向けて(5)—

Product-architecture Dynamism of Internet System, and
Business Model & Patent Management of Ciscosystems
-Architecture-based Approaches to Japanese Innovation System (5) -

2009年7月

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

IAM

Intellectual Asset-Based Management

東京大学 知的資産経営総括寄付講座

Intellectual Asset-Based Management Endorsed Chair
The University of Tokyo

※ IAMディスカッション・ペーパー・シリーズは、研究者間の議論を目的に、研究過程における未定稿を公開するものです。当講座もしくは執筆者による許可のない引用や転載、複製、頒布を禁止します。

<http://www.iam.dpc.u-tokyo.ac.jp/index.html>

製品アーキテクチャのダイナミズムから見たインターネット・システムと シスコシステムズの標準化ビジネスモデル・知財マネジメント

ー日本型イノベーション・システムの再構築に向けて(5)ー

東京大学知的資産経営・総括寄付講座 小川紘一

要約

デジタル・ネットワーク・システムはコンピュータの登場とともに興隆したが、最初からモジュラー型のアーキテクチャを持っていたわけではない。パケット通信の採用、ホストコンピュータ側とネットワーク内部との通信プロトコルの機能分離、そしてルーターの登場などによって、徐々に相互依存性の無いモジュラー型のシステム・アーキテクチャが完成した。モジュラー化がもたらすシステムの柔軟性、およびオープン標準化が創る共創と競争の二重構造が爆発的な普及を加速させ、インターネットは21世紀の人類が共有すべき文明装置へと進化した。

完全オープンな共創の場では、技術開発以上にビジネスモデルと知財マネジメントが重要な役割を担う。これを実証したのがインターネット・ルータ市場で独占的な市場シェアを握るシスコシステムズ社であった。単なる特許や技術ノウハウだけでは決してなく、また単なるネットワーク外部性だけでなく、その上位レイヤーにある契約という取引行為を組み合わせることによってシスコの知財マネジメントが完成する。この勝ちパターンを生み出す経営思想は、パソコン産業におけるインテル、あるいは携帯電話産業におけるクアルコムやノキアのそれと同じであった。

オープン標準化は、たがいに得意技を持ち寄って共創する場を作り出すだけでは決してない。企業が知恵を絞って激しく競争する場が同時に構築される。人為的に構築されたこの共創と競争という二重構造の場が、経済成長に多大な貢献をするのである。その代表的な事例がインターネットであり、シスコシステムズ社であった。

目次

1. ネットワークのモジュラー化がもたらすインターネット・システムの興隆
 - 1.1 インターネットの歴史的な位置付けと本稿の狙い
 - 1.2 ネットワーク・アーキテクチャのモジュラー型への転換
 - 1.3 モジュラー化がもたらすシステムの柔軟性
 - 1.4 インターネットの急速な普及を支えた個人参加のオープン標準化

2. シスコ・システムズ社の標準化ビジネスモデル
 - 2.1 興隆と発展
 - 2.2 シスコシステムズの躍進を支えた技術力と統合型の組織能力
 - 2.3 オープン標準化の中で構築する独占体制
 - 2.4 シスコシステムズの標準化ビジネスモデル

3. シスコシステムズ社の標準化知財マネジメント
 - 3.1 オープン環境の中のシスコシステム
 - 3.2 オープン環境の覇権を巡るシスコシステムズの知財マネジメント
 - 3.3 シスコから学ぶ知恵
 - 3.4 WiMax のオープン標準化がシスコシステムズのビジネスモデルに与える影響

参考文献

1. ネットワークのモジュラー化がもたらすインターネット・システムの興隆

1.1 インターネットの歴史的な位置付けと本稿の目的

1980年代に興隆したデジタル・ネットワーク産業は、先進国から NIES/BRICs に、そして NextEleven とさえ呼ばれることのないアフリカ大陸の国々に至る世界共通のインフラとなった。この意味で 21 世紀の人類社会を特徴づける文明装置と位置付けられる。

18 世紀後半に商用化された蒸気機関は、多くの産業を興隆させて資本主義や株式会社を生み出した。ここから人々が集団で利用する都市も興隆し、一人当たりの労働生産性向上と人口の増加が同時に進行するようになった。そして経済学も、このような文明要素を安定的に効率よく活用する仕組み作りが研究の対象であった。

蒸気機関の商用化は、鉄道や大型船などのように人々が共同で利用する移動手段を生み出したが、19 世紀後半に登場した内燃機関の自動車は、個人が利用する移動手段を文明装置としてこの世に生み出した。19 世紀後半から興隆する電気技術や発電・送電のインフラ整備、そして電動モータ発明などは、人々が日常生活で利用する家電製品をこの世に生み出し、20 世紀の人間社会を支えた。¹

20 世紀の後期になるとマイクロ・プロセッサなどのデジタル技術が低コストで大量に使われるようになり、この積極的な取り込みで設計された製品の伝播/着床スピードが、それ以前の 10～50 倍も速くなった。デジタル技術が NIES/BRICs で比較優位の国際分業や国際貿易を大規模に進展させ（小川、2009a）、グローバルな巨大市場を瞬時に生み出す原動力となったのである。² 1980～1990 年代に興隆したインターネットや携帯電話に代表されるデジタル・ネットワークも、世界中の個人がいつでもどこでも会話しながら情報共有する巨大な社会インフラであり、21 世紀の人類が共有する新たな文明装置になった。インターネットに繋がるコンピュータがすでに 10 億台を超えたが、さらにデジタル携帯電話がインターネットに繋がろうとしている。³

本稿では、21 世紀のデジタル・ネットワークを支えるインターネット・システム、およびここで覇権を握ったシスコシステムズ社に注目しながら、これらが興隆するプロセスを、製品アーキテクチャのモジュラー化やオープン標準化という視点から紹介したい。21 世紀の人類が共有するインターネットの誕生に、巨大システムのモジュール化や機能分離(相互依存性の排除)、およびこれを支えるオープン標準化が多大な貢献をしてきたことが、本稿からも理解されるであろう。

オープン標準化は、たがいに得意技を持ち寄って共創する場を作り出すだけでは決し

¹ 文明装置という表現および文明装置の歴史的な推移は、森田(1998)の第2章から借用した。その他、技術や製品が生まれる歴史的な背景と年表はジャック・アタリ(2008)や松岡正剛(1990)を参照した。

² 例えば小川(2008c)、小川(2009a)参照。

³ 2008 年末の時点で、世界中で使われる携帯電話の 15～20% (約 5 億台) がインターネットに繋がっていると言われる。日本の携帯電話は、ほぼ全数がインターネットに繋がる。

てなかった。企業が知恵を絞って競争する場を共創の場の上で作るという二重構造をオープン標準化が構築し、この二つが共存することによってはじめて経済成長に多大な貢献をするのである。⁴ その代表的な事例がインターネットであり、シスコシステムズ社であった。⁵

1.2 ネットワーク・アーキテクチャのモジュラー型への転換

1.2.1 パケット通信の登場によるモジュラー化の進展

デジタル・ネットワーキングはコンピュータの登場とともに興隆した。初期の代表的な事例として、アメリカ国防省が MIT や IBM などと協力して開発した 1950 年代後半の SAGE(Semi-Automatic Ground Environment : 半自動式防空システム)を挙げることができる。第二次大戦後の冷戦時代に、アメリカが当時のソ連を意識した防空ネットワーク・システムであった。⁶

インターネットの原型となるアーパーネット (ARPA ネット) もアメリカ国防省高等研究計画局(ARPA)によって 1969 年から研究がスタートした。⁷ その後、軍事応用以外で大学や研究機関の情報交換でも使われはじめたが、いずれも当時のコンピュータが非常に高価だったので、不特定多数の個人が利用するのではなく、学術研究者やコンピュータの先進的なユーザなど、特定の人を使うものであった。また 1970 年代の SNA (IBM) や DEC net(DEC)および 1980 年代の AppleTalk (Apple) など、多種多様な情報ネットワーク・システムが次々と生まれたが、いずれも特定企業が提供する独自方式のプロトコルをベースにしており、オープン・システムではなかった。また初期のころのネットワークは、おもにコンピュータ同士をつなぐことが主眼であり、全く異なるネットワーク同士を繋ぎ合うシステムではなかったのである。

デジタル・ネットワーク・システムを支えるパケット交換のコンセプトは、1950 年代の後期からはじまる“核攻撃に耐えられる性能を備えた通信ネットワークの研究”から生まれた。⁸ 当時のアメリカの電話網はアナログ音声を前提としており、またすべて統合された単一ネットワークで送受信される統合型の方式であった。したがって、通信路の 1 ヶ

⁴ 共創の場や競争の場という考え方は、経済産業省・商務情報政策局・情報経済課の前田課長や伊藤課長補佐のグループも筆者とほぼ同じ時期に唱えていた。

⁵ インターネットが興隆する経緯およびインターネットの基本技術については、1990 年代の富士通でこの分野の技術開発に携わった高橋秀夫氏、藤本昭雄氏、浦田悟氏にご教授いただいた。

⁶ 初期の SAGE システムに使われたコンピュータは真空管方式であった。

⁷ 本章のインターネットに関する記述は、一部をジャネット・アバテ (1999) を参考にした。しかし多くの細部については、日本側でインターネットの技術開発に関与した人々への直接インタビューに基づいて書いたものである。ジャネット・アバテの著作は、インターネットの興隆やシステム・アーキテクチャを全く知らない読者にとっては非常に難解だが、1970~1990 年代に至るインターネットの興隆と発展を知る上で欠かせない名著である。

⁸ パケット通信が生まれる経緯とその意義についてはジェフリー・ヤング (2001) の 2 章およびジャネット・アバテ (2002) の 4 章を参考にした。

所が切断ただけでシステム全体が混乱する。⁹ しかしながらデジタル情報のパケット交換による通信なら、たとえ切断しても他のどこか使用可能な通信路を探して受信者へ届けられる。多くのパケット（モジュール）に分割して送られた情報を、受信側で組み合わせながら復元すればよい。音声の場合は会話が途絶えないようにリアルタイム性がないと使い物にならないが、デジタル・データならその必要はない。

パケット通信というモジュール化の思想こそが、結果的にその後のデジタル・ネットワークの方向を全て決めたのである。それ以前の電話網はすべて連続したアナログ情報（音声）を前提に構築された相互依存の極めて強いシステムであった。¹⁰ 情報を分割して送るパケット通信は、デジタル技術の登場で初めて可能になる技術イノベーションであり、巨大システムをモジュールの組み合わせへ転換させて起こす社会的なイノベーションの出発点であった。この意味でパケット通信は、ネットワーク・システムを従来の相互依存性の強い統合型から新たなモジュラー型へ転換させる第一のステップとなったのである。

伝統的な通信事業会社である AT&T 社にも 1960 年代にパケット通信の重要性を主張する研究者はいたが、取り上げられなかった。埋もれたこのアイデアを掘り起こしたのが、アメリカ国防省高等研究計画局(DARPA、略して ARPA)のコンピュータ研究部門の科学者グループである。1970 年にハワイで行われた ARPA の公開実験で初めて使われ、その優れたアーキテクチャが確かめられた。これを契機にパケット交換を前提にした技術イノベーションが次々に起こる。パケット交換というコンセプトそのものが、データを独立したモジュール（パケット、専用封筒のようなもの）に分割し、しかもそれぞれのパケットが最も効率よく短時間に送れる回線をその都度選びながらバケツ・リレーのように転送され、別々に送られたパケットが着信した後に元のデータを復号させるという、組み合わせ型（モジュラー型）のアーキテクチャだったからである。組み合わせ型であれば、その中に色々な新規技術を取り込みながらシステム全体を柔軟に進化させることが可能になる。あるいは、全体システムと独立に起きる個別技術のイノベーションが、結果的に全体システムの進化に直結する、と言い換えてもよい。

1971~1972 年になると、パケット再送の時間間隔を通信回線の混み具合に応じて変えれば全体の混み具合を劇的に減らせる、という数学モデルがメトカーフによって発見された。¹¹ データを送り出す側で混み具合が分らないと、同じ回線へ何度も繰り返し送り直す

⁹ 電話網でも迂回技術が実用化されてはいるが、使う人が電話を掛け直さなければならない。

¹⁰ 初期のデジタル・ネットワークにはパケット交換だけでなく回線交換という考え方もあり、回線交換が電話に適用された。1990 年代になるとパケット交換と回線交換を統合した ATM 方式が通信キャリアによって推進されたが、結果的にインターネット側に軍配が上がって ATM が衰退した。ここにもインターネットが持つオープン化、モジュール化などの破壊力を見ることができると。

¹¹ それぞれのコンピュータが同じ間隔で再送信を行うと同じ回線で衝突が繰り返され、通信効率がするに低下する。しかしながら、衝突（混み具合）を検出して再送信の間隔を少しずつ変えれば、衝突の確率が激減する。これがメトカーフの理論である。メトカーフは 1972 年にゼッロックスのパル・アルト研究所に入り、この理論を使って Ethernet の開発に多大な貢献をした。

ので特定の通信回線へ一斉にデータが殺到する。しかしながらメトカーフの発見がこの問題を一瞬にして解決したのである。

パロアルト研究所が開発したネットワーク・システムだけでなく、フランスでもイギリスでも、パケット交換のアーキテクチャがこの発見を契機に世界中へ普及し、デジタル・ネットワークの基本技術となった。また 1973 年ころにはインターネットの原型となる ARPA ネットが開発されようとしており、ほぼ同じ時期の 1972 年コンピュータ国際会議で創設された国際ネットワークング・グループでは、ネットワークの接続に関する標準についてすでに話し合いが行われている。1970 年代の中期になると、アメリカとヨーロッパの衛星通信にもパケット方式が導入されようとしていた。

しかしながら 1970 年代の時点では、インターネットが商用に使われ、そして爆発的に普及すると思った人は全くいなかったという。事実、1980 年代の時点でインターネットに接続されたコンピュータは非常に少なく、1992 年の時点でさえ総数が僅か 100 万台だった。しかし 1996 にこれが 10 倍の 1,000 万台へ、そして 2006 年に 10 億台となった。わずか 10 年で 1000 倍になったのである。国防省の ARPA システムが民間に開放されて約 20 年後の 2006 年には、インターネット関連事業の経済活動が世界で 4 兆ドルを超えて世界の GDP の 10%を超えるまでになった。¹²

1.2.2 プロトコルの機能分離とオープンによるモジュラー型への転換

ルータは、ネットワークがホスト・コンピュータから完全に切り離されることによって初めて、必須のネットワーク機器になる。ここではインターネットの共通規約としてのプロトコルの機能分離とオープン化が現在の姿に定着するまでの経緯について、製品アーキテクチャの視点から分析してみたい。

メールなどのデータをスムーズに送ったり受け取ったりするには、ネットワークにつながるコンピュータが互いに同じプロトコルで通信できるのが理想的である。これがインターネットでホスト・プロトコルと呼ばれる TCP/IP である。ホスト・プロトコルの基本コンセプトは 1974 年にまず TCP として考えだされ 1978 年にはこれが TCP と IP に機能分化して TCP/IP となった。¹³ いずれも ARPA ネットの試験システムで考えだされたものであり、1980 年代から 1990 年代にかけて業界標準となった。

1970 年代に登場したデジタル・ネットワークがいずれもパケット通信を前提にしたものであったが、通信回線の接続確認などを担うプロトコル (TCP) とデータを分割してパケットで送るプロトコル (IP) とが、初期の頃にまだ分離していなかった。インターネットが進化発展する上で最初の重要な決定は、この TCP と IP の機能を完全に分離させるとい

これがなければ Ethernet の大量普及は無かったと言われる。メトカーフはこれ以外にも“ネットワークの価値はインターネットの接続ノード数の二乗に比例する”という、今日でいうネットワーク外部性と類似の法則も発見している

¹² これらのデータはジャック・アタリ (2008) の第 II 章による。

¹³ TCP: Transmission Control Protocol, IP: Internet Protocol

う、プロトコル・アーキテクチャの設計にあったのである。¹⁴

もし TCP の機能が分離しない状態だったら、ネットワークの中のルータがそのつど接続の状況や混み具合をホスト・コンピュータ側から教えてもらいながらパケットを転送することになるので、コンピュータに過大な付加がかかる。この負担を軽減するには、事前に通信回線を固定し、事前に確保しておかなければならない。しかしこれでは、ネットワークの切断あるいは新規の接続に柔軟な対応ができない。TCP と IP の機能を分離させればこの問題が解決する。パケット通信がネットワークをモジュラー型へ転換させる**第一のステップ**だったとすれば、TCP と IP の分離は、インターネットを完全モジュラー型へ転換させる**第二のステップ**と位置付けられるであろう。

現在のインターネットは、ネットワーク内部で通信回線の混み具合や他のルータのデータ処理の混み具合（待ち行列）などに関する情報（現在でいう制御パケット）について、世界中に点在する無数のルータが常に交換し合わなければならない。それにはメールの送受信と全く独立に、すなわちコンピュータ側の事情と関係無く、いつでも状況を交換し合える専用のプロトコルが必要である。これがルータ間で制御パケットを受送信させる規約としてのルーティング・プロトコルである。当然のことながらルーティング・プロトコルは、ホスト・プロトコルとしての TCP/IP と独立して動く。ルーティング・プロトコルの独立性によって独自進化が可能になり、この独自進化がインターネットワークの柔軟性や多種多様なサービスを可能にしたという意味で、ルーティング・プロトコルの独立性はインターネットが完全モジュラー化へ向かう**第三のステップ**に位置付けられるであろう。このプロトコル・アーキテクチャ設計もまた、インターネットが飛躍的な発展を遂げる上で重要な役割を果たした。

ルーティング・プロトコルの原型は、1970 年代に登場した Routing Information Protocol(RIP)だと言われる。初期のころは接続されるコンピュータの数が限定されたネットワークで使われたが、その後 1991 年に World Wide Web (WWW) がサービス可能になる時点から、世界中に点在するネットワークの状況を互いに把握しあう制御パケットのルーティング・プロトコルとして、その役割が一段と増した。

¹⁴ ジャネット・アバテ(1999)によれば、TCP/IP は 1970 年代後半から 1980 年代にかけて世界中の通信事業者が強く提案した X.25 プロトコルと世界的な大論争へ発展し、その優劣に関する議論が 1990 年ころまで続いたという。しかしながら 1980~1990 年代にこの分野の技術開発に携わった日本人々によれば、1980 年代の後半ですでに決着がついていたという。X.25 が非常に複雑な中央集権的プロトコルだったので通信回線の高速化に追従できず、また低コスト LSI 化が困難だったためである。X.25 で劣勢に立った伝統的な通信事業者は、これにかわって 1990 年代から ATM を普及させようとしたものの、そのプロトコルも複雑であり、また当時の通信回線スピードでは ATM の特徴を發揮させることもできなかった。また高い信頼性の通信経路を前提とした高価なシステムだったので、結局 IP プロトコルの普及を阻止することができなかった。なお X.25 はネットワークの内部のプロトコルを規定していないという意味で機能分離していなかった。X.25 を強く推進した世界中の通信事業者が、ネットワークの中でそれぞれ独自のサービスを考えていたからである。

1.2.3 ルーターの登場によるモジュラー型への転換

1970年代から1980年のコンピュータはメインフレームやミニコンが主体であり、それぞれがオペレーティング・システムもアプリケーション・ソフトウェアも異なっていた。互換性の無いコンピュータを使ったネットワークでは互いに通信できなかったのも、たとえばIBMなど大規模企業が提供する独自システムの利用者か、あるいはUNIXなど同じオペレーティング・システムを使ったコンピュータで、大学のごく限られた研究者がメールの送受信に活用していたにすぎない。また商用システムでは、初期のLocal Area Network (Ethernet など) のように、特定領域で互換性のあるコンピュータを使い、その領域だけに通用するプロトコルを使って混乱を避けようとした。

これらの課題をすべて解決したのが、ネットワークの中だけでパケットの交通整理をするルータである。ルータの中には、回線に障害があるか否か、途中でいくつの中継ノードを経るか、および通信回線の帯域などから判断できる最短の通信経路を常に自動的に更新したり保持したりするルーティング・テーブルというデータ・ベースがある。パケットが来るとルータがパケットの行き先のアドレスを読み、ルーティング・テーブルにある通信経路やルータの状況を瞬時に判断しながら最適な通信経路を探し出す機能を持っている。たとえパケットを送り出す側のコンピュータ・ネットワークが使う通信プロトコルと、受け取る側のコンピュータ・ネットワークが使うプロトコルとが異なっても、送信側のパケットを受信側のネットワークへ自由自在に送り出すことができる。

すなわちルータは、相異なるオペレーティング・システムやアプリケーションであっても、そして例え全く異なるプロトコルのネットワークであっても、自由自在に対応できるブリッジの役割を基本思想として持っていたのである。¹⁵ この意味でホスト・コンピュータ側と完全に独立して機能するルータの登場は、インターネットが完全モジュラー化へ向かう**第四のステップ**に位置付けられるであろう。

これを製品アーキテクチャの視点で整理すれば、ルータはパソコンの Bus Bridge や NorthBridge/SouthBridge と同じように、¹⁶ 互いに全く異なる設計思想、あるいは全く異なる技術体系を同じシステムの中で共存させ、あるいは結合させる役割を持つ。共存・結合される側や共存・結合する側の内部状況に拘束されず、たがいに独自のイノベーションを起こせる環境がここから生まれた。もしこのブリッジ領域がブラック・ボックス化されていれば、トータル・システムの付加価値がブリッジ機能そのものに集中カプセルされる。あるいは、ブリッジ機能・共存機能の技術進化を独占した企業に市場の支配力が集中する。

¹⁷ パソコン産業でこの付加価値を内部に取り込んだインテルが、インタフェースを介しな

¹⁵ ルータがプロトコル変換の機能を持っていたのではなく、複数プロトコルが同じネットワーク・インフラで動作可能になっていた。ルータが異なるプロトコルに対応できていたのである。

¹⁶ 小川(2009)の2. 参照

¹⁷ シスコのルータの場合は、これが Internetworking OS (IOS) であった。詳細は別稿に譲るが、地球温暖化防止の重要な省エネ技術である Smart Grid でもこの考え方が成立する。

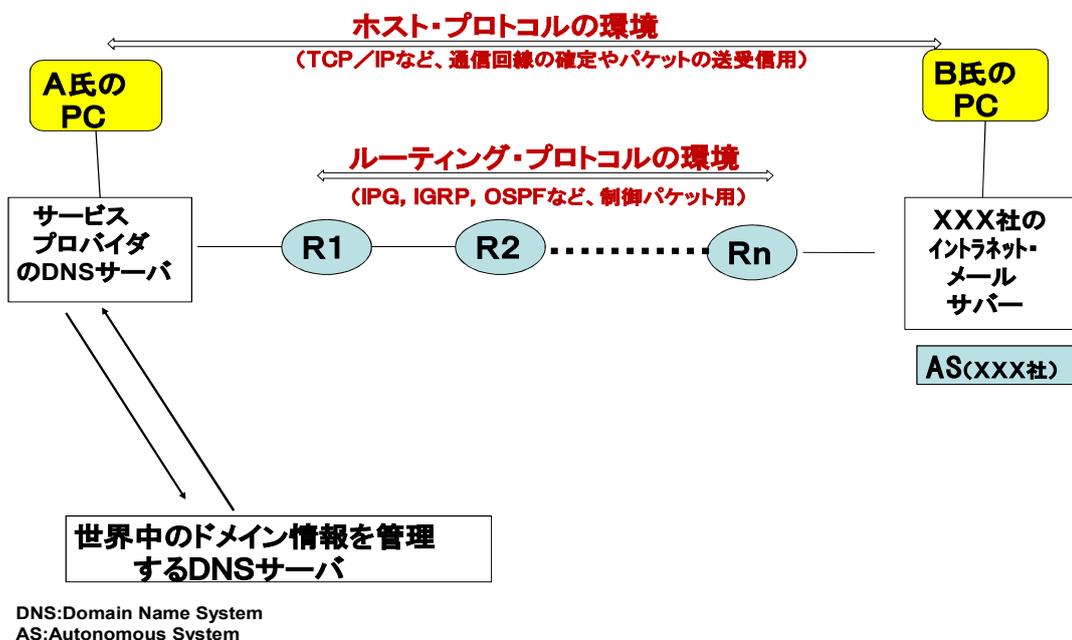
がらオープン環境を支配する仕組みを作りあげた。後の章で詳しく紹介するように、システムズはルータを介して同じ支配の仕組みをインターネットのオープン環境で完成させた。

1.3 モジュール化がもたらすシステムの柔軟性

現在のインターネットのシステム構造を、プロトコルやルーターの視点から図1で模式的に示す。我々が毎日のように使うメールのやり取りを事例に、インターネット・システムの柔軟性をモジュール化の視点から考えてみたい。

A氏がXXX社で働いているB氏のbcabca@jp.xxx.comへ、サービス・プロバイダー(NIFTYなど)を経由してメールを送る場面を想定したい。まずサービス・プロバイダーのDNS(Domain Name System)サーバは、A氏のパソコンから依頼を受けると世界中のドメイン情報を管理する巨大なDNAサーバからB氏のメールのドメイン(jp.xxx.com)がある場所を教えてもらってA氏のパソコンへ伝える。B氏のドメインを知ったパソコンは、まずTCPセグメントと名付けられたモジュールへメールのデータを分割する。次に、受信側にバラバラに届いても順番がわかる様に番号を付ける。¹⁸そしてメールの名称と順番などを受信側に送って接続性を確かめ、一つ一つのTCPセグメントをIPアドレスのついたパケット(専用封筒に相当)に入れて送り出す。

図1 プロトコルから見たインターネットのシステム構造



¹⁸ 送るデータを分割し、ネットワークの中にある多数の伝送路の込み具合や距離などの最適化をしながら送受信する仕組みがパケット通信である。これがインターネットの柔軟性を支える上で大きな役割をはたしている。

一方、受信側では、それぞれ異なる伝送路を経て到着した IP パケットから、順序や途中でデータの抜けがあったか否かの確認をし、抜けがあれば再送させる。正しく送られていれば専用封筒である IP パケットから TPC セグメントを取り出し、送信側で分割した順序を知って元通りに並び替え、メールに復元する。この一連のプロセスが、TCP プロトコルの取り決めで動くプログラムによって処理される。

TCP/IP の IP パケットそれ自身は専用封筒であって、送り出したデータを順番に届ける機能も、そしてデータに抜けが無いかなんかを確認する機能も無い。そこで、インターネット網の両端にある A 氏と B 氏のパソコン間で論理的な通信路の接続／切断、到着したデータの順序の確認、そして途中でデータの抜けがあった場合の再送手順などについては、すべて TCP の機能として持たせる。TCP の規約をホスト・コンピュータ間の通信だけに専念させ、これによって信頼性の高い通信環境を築いている、と言い換えてもよい。

一方、ルータ間だけで使われるルーティング・プロトコルは、ネットワークの中のルータ・アドレスやそこにつながるルータの数と通信経路の帯域（情報の通り易さや通信の混み具合）などの情報（制御パケット）をやり取りする規約である。ルータ側は制御パケットを互いに何度も送り合いながら一つ一つのパケットが最も効率よく短時間で受信者側へ届けるための通信経路を確定する（ルーティングの完了）。確定されたと同時に、送信側のコンピュータが TCP/IP プロトコルによってパケットを送り出す。このようにルーティング・プロトコルはネットワークの内部だけを担っていて、ホスト・コンピュータ側のやり取りには一切関与しない。

迂回通信路を含む複雑なネットワークでは、どの通信路を使うか、あるいはその通信回線が故障で使えないとか、あるいはどのルータの待ち行列が長くてパケットが通過できないなどの情報がなければ、インターネットが本質的に持つことを期待されている柔軟性を実現できない。この意味で、ネットワーク内のルータ間で制御パケットのやり取りだけに専念するルーティング・プロトコルの役割が、ネットワークの接続性や柔軟性を確保する上で極めて重要な役割を担う。もしネットワーク内部の情報を全てホスト・コンピュータ側で常に把握する方式になっていたのなら、世界中のネットワークの接続情報を常時把握し合う仕組み作りが不可能だったはずであって、インターネットが World Wide Web として進化することはできなかったであろう。

1.4 インターネットの急速な普及を支えた個人参加のオープン標準化

ルータは、世界中のネットワーク内で起きるあらゆる状態の急変に対応しながら、必ず接続性を確保しなければならない。このような柔軟性は、ホスト・コンピュータ側ではなく、現場に近くに網の目のように張り巡らされたルータ側が瞬時に状況を把握しながら教え合うことでなければ困難である。¹⁹ 柔軟性を持たせるには、巨大システムの機能分離

¹⁹ インターネットの DNA として組み込まれた ARPA ネットの基本思想は、どんな非常時であって

を徹底させ、ネットワーク内のアーキテクチャやプロトコルをすべてオープンにしなければならぬ。

インターネットの推進者は、オープン化の手段として彼らが個人の資格で参加する小さなコミュニティーの中で技術を全て公開し合い、それを活用し合い、実質的なデファクト標準を完全オープン環境で作りにあげていった。これがなければ先進的ユーザと最先端の技術を結集させることはできなかったであろう。

1970年代の ARPA ネットの時代から 1980 年代にインターネット技術に関わった人々によれば、伝統的な通信事業会社などの公的機関や IBM などの巨大企業に独占されないように、完全オープンな Request For Comment(RFC)という仕組みを作り、企業や研究機関・大学という組織ではなく、常に個人の資格で技術提案をし合いながらインターネットの進むべき方向とその実施技術を結集していったという。標準化が提案されれば必ず RFC を介して意見を交換し合い、その結果をインターネットの技術規格にしていった。一種のボランティア団体なので、RFC のやり取りをして合意された規格を法的に強制することはできない。しかし、インターネットがこれまで提供してきた数々のサービスに IETF が多大な貢献をしてきたのは厳然たる事実である。

インターネット関連で IETF(Internet Engineering Task Force)という標準化団体が大きな影響力を持っているが、この IETF は現在でも参加資格が企業や研究機関ではなく個人である。そしてやはりオープン環境で RFC を交換しながら標準を決めている。さらにここで決められた標準も決して強制ではなく、あくまでも提案に留まっている。彼らは、現在でも企業の立場にとらわれず、純粋に技術的・非営利的な視点から様々な機能をオープン標準として提案している。²⁰ 企業名ではなく個人として標準化へ参加させる仕組みは、世界中に点在する超一流の人材を無制限に使えるという構造になっている。この意味で国際標準化が生み出すオープン・イノベーションの原点と位置付けられるのではないか。

以上のように、IETF などが推進するインターネット環境の標準化は、だれでも参加できる完全オープンなビジネス・プラットフォームを提供し、しかもこのプラットフォームを誰にも独占させず完全オープン環境で進化・発展させることを最大の目的にしている。したがってこれを標準化ビジネスモデルの枠組みでいえば、**図 2 で示す**ように RFC を介した標準化プロセスそのものが完全競争のビジネス環境に直結していることになる。

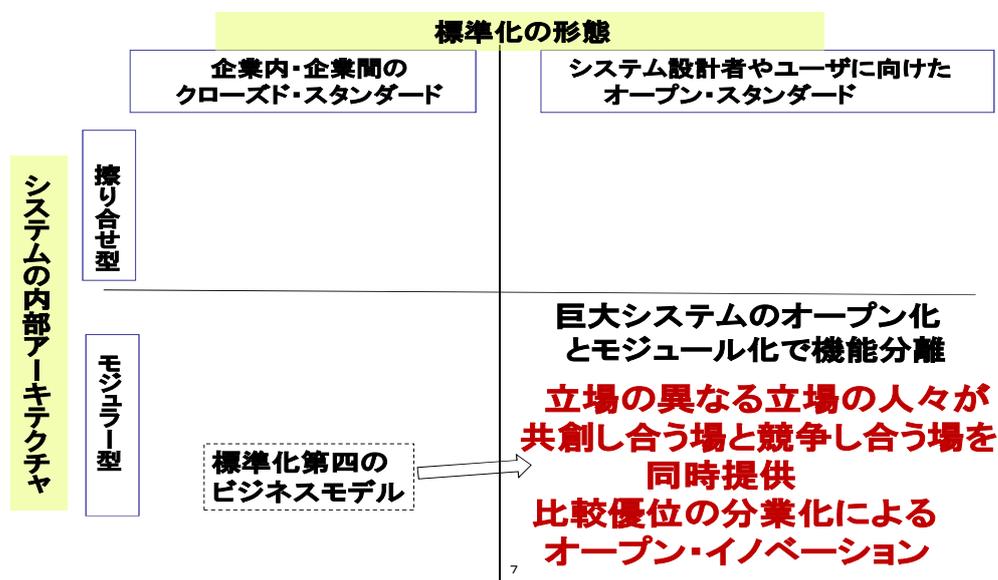
経済学でいう完全競争の場を、オープン標準化という協業によって人為的に創り出す(共創する) というということは、裏を返せば誰もが参加できるという意味で差別化が困

も柔軟に対応して通信回線を接続するという軍事環境の特殊事情があった。一方、伝統的な通信事業会社の考えは、通信路が完全で高い品質を持っていることが前提になっていた。初期のネットワークが、そしてシスコのルータが品質問題で批判された背景がここにもあったのである。なお品質が保証された通信路が前提になれば高度なルータ機能を必要とせず、単純なスイッチング機能で十分だった。

²⁰ 実際はこれらの先進的な技術者やユーザはシスコやジュニパーのような企業が提供する情報や最先端ルータの影響を受けていたのも事実である。

難となる。したがってこのプラットフォームそれ自身から誰も利益を上げることはできない。²¹ しかしながら誰もが差別化できないプラットフォームの登場によって、人々が互いに得意技を持ち寄りながら新たなビジネスを共創し合う場が生まれ（インターネットの場合は20年で4兆億ドルの経済活動）、そして同じ土俵で競争し合う場が生まれた。これは厳然たる事実である。営利企業でなく個人参加のオープン標準化がデジタル・ネットワーク環境それ自身をインターネットという共創の場へ転換させた。一方、シスコは、オープンな共創の場に生まれた新たな競争の場ではじめてビジネス・チャンスを掴み、完全オープン環境の中の独占体制を築き上げたのである。

**図2 標準化ビジネスモデルという視点でみたインターネット
—共創と競争を同時実現させるビジネスの場の創出—**



2. シスコ・システムズ社の標準化ビジネスモデル ²²

2.1 興隆と発展

国防省の資金に支えられた ARPA ネットシステムは、1970 年代の後半からアメリカの主要な大学に導入された。元大学院生のサンドラ・ラーナーは、1970 年代末にスタンフォード大学ビジネス・スクールでネットワーク・システム管理者であった。同じスタンフォ

²¹ 標準化を論じる人々は、誰もが利益をとれない完全競争領域（図2の右下）を非競争領域と定義している。オープン環境で標準化されるレイヤーが非競争領域となる。これはコースが架空の市場として仮定した“取引コストがほぼゼロに近い”ビジネス・ドメインでもある（コース(1992)）。

²² この章で分析したシスコの事例は、小川(2009b)の一部を取り込みながらインターネットの世界で位置付けたものである。シスコシステムズ社が興隆する姿については、1990年代にシスコシステムズ社と深いビジネス交流のあった富士通の高橋秀夫氏、および藤本昭雄氏から多くのことをお教えいただいた。

ード大学のコンピュータ科学部でシステムの管理責任者だったのが、レオナルド・ボナザックである。この二人が後の 1984 年にシスコシステムズ社 (Cisco Systems) を立ち上げることになる。

ボナザックは、スタンフォード大学に点在する色々な学部の間、および他の大学との間で、電子メールとデータ・ファイルを自由に交換できるようにしたかった。しかしながら当時の ARPA ネットシステムでは、他の大学のコンピュータに接続する場合に高価な専用コンピュータを経由しなければならず、しかもコンピュータのオペレーティング・システムやデータ・フォーマットが全く異なるコンピュータの間では、ファイルの自由交換が困難であった。そこでボナザックとラーナーはマルチプロトコル・ルータというコンセプトを考え出した。

このルータは、特殊なマイクロプロトコル・ロセッサで 2 つ以上のネットワークの間を取り持つ役割を持っていた。たとえプロトコルが全く異なるネットワークの間であっても、データの解読・変換・転送を効率よく運用管理し、そして送り込むことで互いに電子メールやデータ・ファイルの交換ができるようになっていたのである。また特殊なケーブルではなく、普通のテレビに使う同軸ケーブルでネットワークへつなげるようになっていた。

彼らが考え出したマルチプロトコル・ルータによって、特に高価なシステムを買わなくても学部間や大学間の電子メールやデータ・ファイルのやり取りを簡単にやれるようになったので、大学キャンパスに点在するコンピュータ・ネットワークを一つにまとめる需要が至るところで出てきた。これを受けて 1984 年に創設されたのが、ボナザックとラーナー夫婦によるシスコシステムズ社である。²³

しかしそれより 4 年も前に、ゼロックスのパルアルト研究所で Ethernet の原型開発に従事したメトカーフがスリーコム社(3COM)を設立している。²⁴ 1981 にワーク・ステーション向けの Ethernet 製品を発表し、また 1982 年にはパソコン向けも製品ラインナップに加えていた。初代の IBM PC が世に出てわずか 1 年後のことである。パソコンとインターネットの結びつきによる新たな成長の兆しが微かに見えていたと考えられる。1982 年に SBIR 法 ; Small Business Innovation Research Program が法制化されていたこともあり、ボナザックとラーナーの 2 人が 1984 年に大学からスピンオフしてベンチャー企業を立ち上げたのは当然の成り行きだったであろう。

シスコが最初の製品を出荷したのは 1986 年だが、さまざまな通信プロトコルを持つコンピュータ・ネットワークに対応するため、彼らはマルチプロトコル・ルータの OS へ新たな機能を次々に追加した。これが後のインターネットワーキング OS (Internetworking

²³ 以下はすべてシスコと略称する。

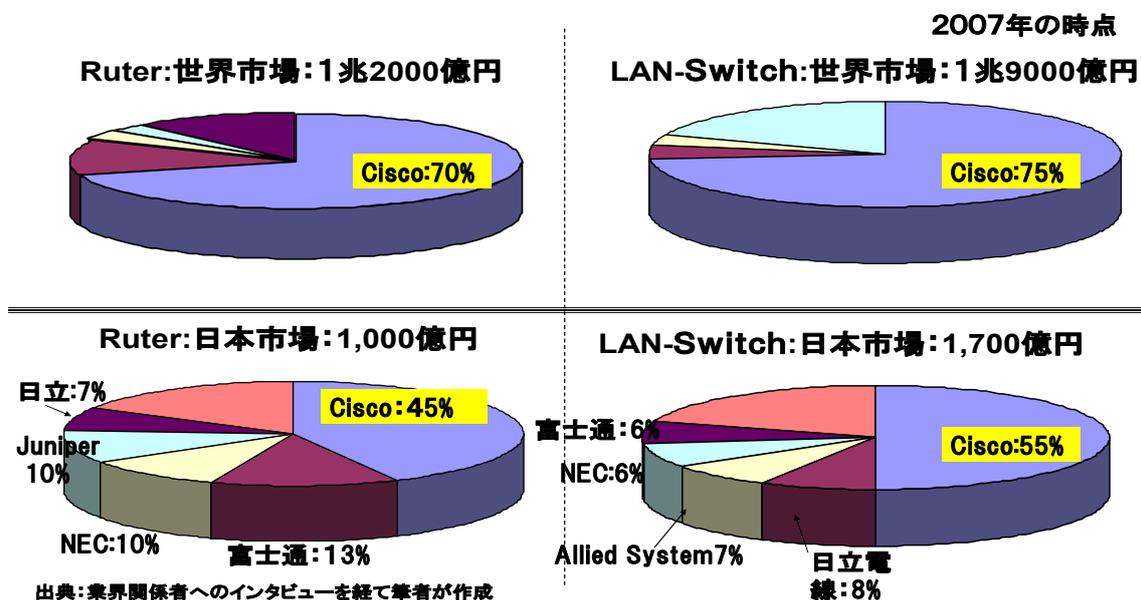
²⁴ メトカーフは 1972 年にゼロックスのパルアルト研究所に就職して Ethernet の開発商品化で多大な貢献をしたが、3COM 社はゼロックスで出願した特許と別の技術で Ethernet システムを商品化した。3COM の Ethernet はシスコが覇権を握る 1990 年代の後半まで、世界中のオフィスで圧倒的な支持を受けた。

Operating System : IOS)へと進化していく。その後 1987 年になると、アメリカ国防省が ARPA ネットシステムを民間に開放したのでシスコは驚くほどの躍進を遂げ、会社創設 5 年後の 1989 年に上場をはたした。1989 年の時点で売り上げが 2,800 万ドルしかないのに時価総額が 2 億 2,000 万ドルとなった。売り上げが 85 億ドルになった 1998 年には、マイクロソフトの 11 年より遥かに速い 8 年という史上最速で、時価総額 1,000 億ドルを達成している。

上場した 18 年後の 2007 年に見るシスコの市場シェアを図 2 に示す。インターネット基幹システムを支えるルーターや LAN スイッチ市場におけるシスコのシェアが世界の 60 ~70%にもおよび、インターネットというオープン環境で強力な独占体制を築いている。1980 年代に圧倒的な技術力を誇って世界市場を席卷した日本企業は、現在でも部品レベルでは高い技術力持っているものの、システムとしてのルータやスイッチの世界シェアは全社の合計で 2.3%に過ぎない。約 1,000 億円の規模を持つ日本国内のルータ市場ですらシスコが 45%のシェアを持ち、1,700 億円の LAN スイッチ市場でも 55%のシェアを誇る。一方、日本企業の合計シェアは 30%以下であって、日本市場でさえシスコ 1 社に勝てない。

図3 インターネットRouterとLAN-Switchの市場シェア

日本企業は基幹部品で強いが製品システムで完敗



2.2 シスコの躍進を支えた技術力と統合化の組織能力

シスコ成長の秘密は、後に述べるような完全オープン環境で構築したブラック・ボックス技術としてのインターネットワーキングOS (IOS)、およびこれを支えたルーティング・プロトコルの技術革新を常にリードした、という技術的イノベーションにあるのは論

をまたない。しかしながら同時に、インターネット機器（ハードウェア）へ ISO を移植する場合に見せた優れた組織能力を持っていたことが、急成長を支えるもう一つの要因だったのである。

これまで多くの事例研究でシスコが取り上げられ、シスコの成長が果敢な M&A によるものであることが繰り返し伝えられている。²⁵ 確かにシスコは、ハードウェア LAN スイッチなど、シスコのルータ・ビジネスを脅かす可能性のある技術を数多く買収していった。しかしながら、特にネットワーク外部性の活用が極めて重要なルータのビジネスでは、単なる M&A の繰り返しで多くのインターネット機器を抱え込んでも価値を生み出さない。むしろ統一性を欠いてネットワーク外部性の効果を激減させる。

1980 年代から 1990 年代中期までのルータは、ミニコンピュータそのものであってルーティングの機能をソフトウェアが全て担っていた。しかしながら 1990 年代の後期から SystemLSI の飛躍的な進化によって、半導体チップという高速ハードウェアがまず LAN スイッチに適用され、高速通信回線の市場で急速に市場を拡大する。これを担ったのがシスコの最大のライバルとして 1996 年に誕生したジュニパー社である。もしシスコがクレジエント社など、ハードウェア LAN スイッチの専門企業を買収していなかったなら、2000 年の初期までジュニパー社に追い越されていたであろう。シスコが固執したソフトウェア方式では、伝送路の高速化に対応できなかったからである。²⁶

ここで我々が注目すべき点は、これまで言われ続けたシスコの M&A そのものではない。買収した数多くのネットワーク機器に IOS を短期間で移植し、シスコのルータと全く同じ操作性でユーザが機器を操作できるようにした統合化の技術力にこそ、我々はシスコの本当の力を見ることが出来る。同じ操作性を持たない、少なくともこれを操作する技術者の視点から見た広い意味でのネットワーク外部性の効果が生まれにくいからである。

一般に異なる設計思想で開発された機器は、ハードウェアの細部が全く異なる。したがってシスコが買収した機器のハードウェアもシスコのそれと全く異なる。たとえ IOS が汎用性のある高級言語（例えば C 言語）で開発されていたとしても、実際の機器で使うには高級言語をマシン語に変換してからハードウェアを直接動かさなければならない。しかしながら、M&A によって手に入れた多種多様な機器のハードウェアをシスコの IOS の操作性で動かすには、新たな機器のハードウェアを動かすマシン語と IOS 側のそれとの整合性を取らなければならない。これは IOS を最初から作り直すことに等しく、異なる設計思

²⁵ 例えばニコルス・テンベスト、クリスチャン・キャスパー(2007)。

²⁶ 初期のルータはミニコンピュータそのものであった。ミニコンのソフトでルータ機能を提供していたのである。なおシスコが M&A の対象にしたのは、インターネット関連機器のビジネスドメインでシスコがトップシェア持てない企業であった。M&A によってトップシェアの領域を拡大したのである。すでに市場でブランドを築いたシスコの株価が急上昇したので、買収はすべて株式交換によって行われた。株価が急上昇するので、シスコに買収されることを誇りに思う企業がたぐさいたのもシスコの M&A を容易にさせた。ハードウェア LAN スイッチはシスコがどうしても参入できなかった領域なので、クレジエント社などを M&A で一気に買収している。

想のハードウェアを多数買収して操作性を全て同じにすることは不可能に近い。21 世紀の現在でさえ対応できる企業は非常に少ないが、1990 年代の初期から中期という、ソフトウェアのプログラミング技術がまだ進化の途上だった 15 年も前に、シスコがこれをやってのけた。深いノウハウを秘めた中間ソフトウェア言語を独自に持つことは勿論だが、それ以上にハードウェアの細部設計とソフトウェアの双方に深い知識とノウハウを持つ多数の人材なくして不可能だったはずである。

シスコは M&A で入手した 1～2 年後には IOS を完全に移植し、従来のシスコ製品と全く同じ操作性を持つ機器として市場に出すことができた。当然のことながら、既存のシスコ製品との接続性が完全に保証されたものになっている。操作性の維持によってインターネット市場のネットワーク外部性が相乗効果を発揮し、シスコの独占体制を創り上げる上で多大な貢献をした。IOS の移植を極めて短い期間で可能にする技術統合化の組織能力をシスコが持っていたからこそ、あれだけ多数の M&A を成功に導いたのである。IOS が基本的に持つ圧倒的な移植性の高さは、すでにボナザックとラーナーがマルチプロトコル・ルータというコンセプトを考え出して接続性を誇った時点から、シスコの技術 DNA として定着していたのではないか。

2.3 オープン標準化の中で構築する独占体制

接続性・柔軟性という基本機能だけでなく、その後次々と生み出されるインターネット・サービスを進化・発展させる上で、ルーティング・プロトコルの独自進化が大きな役割を担った。ホスト・コンピュータ側とネットワーク内部の相互依存性を完全に排除することで可能になった独自の技術進化が、インターネットのサービス機能を爆発的に進化・発展される原動力になったのである。

現在のインターネット・システムの中のシスコの位置取りを図 1 で確認したい。図 1 のそれぞれのルータ間のプロトコルは、1990 年代になって飛躍的に進化した。²⁷ シスコのデファクト・スタンダードとしての IGRP(Interior Gateway Routing Protocol)は、すでに 1980 年代にその原型が生まれている。おそらく ARPA ネットで開発された RIP(Routing Information Protocol)をベースにしたものであろう。その後のシスコは、ネットワークに繋がる LAN や WAN の急増を先読みし、さらにはインターネットが提供するサービスの拡張を先読みしながら、これをサポートするため IGRP を、常に先手を打って進化させた。

現在では IGRP 以外にも、IETF によって標準化された OSPF (Open Shortest Path First) など、多種多様なルーティング・プロトコルが共存しているが、ルータ市場で 70% 以上という圧倒的なシェアを持つシスコの IGRP が、インターネットの接続性を保証する

²⁷ 図 1 に示すホスト・プロトコル (TCP/IP) はこれまでほとんど変わって無い。これがインターネット環境の互換性維持に大きく貢献している。互換性維持を担うホスト・プロトコルと常に進化して新しい機能・サービスを提供するルーティング・プロトコルが共存しているのである。

上で極めて大きな影響力を持つ。²⁸ IGRP は常に将来のサービス機能を取ったデファクト規格であって、これをベースに進化する IOS が先進的なユーザを引き寄せながらルータ市場の将来方向をリードすることができたからである。

IOS は誰にでも使わせるオープンな土俵としての IGRP の上に構築されたブラック・ボックスである。シスコのオープンなデファクト・スタンダードとしての IGRP の方が、IETF で標準化された OSPF には無い先進的な最新機能に対応できていて、それがシスコの IOS によって具体化されているなら、多くの先進的ユーザがシスコの IOS とシスコのルータを選ぶ。シスコは、この効果を最大限に利用し、先進的なユーザをオピニオン・リーダーとして活用した。インターネット・サービスの将来方向に関する世界の技術世論を、シスコの方向へ一体化させたのである。

ルーティング・プロトコルで転送される制御パケットには、世界中のインターネットに点在する全てのルータのアドレス、さらにそれぞれのルータにつながるノードの数、そしてここにつながる通信経路の帯域と通信の混み具合などが全て含まれる。これらはトポロジー情報ともいわれ、専用の封筒（制御パケット）に入れて転送される。実際のインターネットは、内部に多数のルータを持つ Autonomous System(AS)と呼ばれる単位を接続した構造を取り、²⁹ AS 間および AS 内でルータ・トポロジー情報を順々に転送し合い、最も効率よく短時間で送信者のデータを受信者側へ届けるための通信経路を確定しなければならない。これがルータの基本機能である。

その後、ルータにはいろいろな機能が期待されるようになった。たとえば、ルータが適用される場面、接続される様々な回線に関する情報、そして流れる情報量や種類を効率よくさばくために多種多様な機能が必要となる。さらには、ネットワークの規模の拡大に対する対応やネットワーク内部で起きる状態変化（異常状態）に対する対応時間を大幅に短縮させるノウハウなどが、その代表的な事例である。この意味で必然的に、ネットワーク内部の多くのノウハウが全てルータ側へ蓄積される。その後も多くの機能が次々に追加されており、最近ではそれぞれのノード（ルータ）につながるサーバの負荷を分散する機能さえ付与された。

ルーティング・プロトコルの進化は、セキュリティーを強化する仕組みを入れて電子取引などの新たなサービスをこの世に生み出した。また音声や映像などの高度なリアルタイム性が必須のデータについても、ルータ中の処理が混みあっても優先して処理する機能を付与したり、あるいは全く異なる経路を通ってきてリアルタイム性を失った数多くのランダムなパケットを、受信側のルータが優先的に処理してリアルタイムの音声や映像

²⁸ AS (Autonomous System) とは同じルーティング・ポリシーの下で動作するルータの集合体をいう。

²⁹ 事実、1970 年代の後半に多くの国の通信業者が共同で X.25 というホスト・コンピュータ間のプロトコルを国際規格にしたが、ネットワーク内部のプロトコルは何も決めなかった。それぞれの国が独自プロトコルで通信路を支配し、課金によって従来型のビジネスを推進したい意図があったためと言われている。

へ復元する機能もルーティング・プロトコルの進化によって可能になった。それまで不可能とされたサービスが次々に生まれたのである。³⁰

したがってシスコは、インターネットが提供するサービスを常に先取りし、これを具体化するためのルーティング・プロトコル (IGRP) の進化を常に先取りし、これを反映させた IOS をハードウェアのルータとともに一体提供してきた。ここで再度繰り返すが、1980～1981年ころに明確になったホスト・コンピュータ相互のプロトコル (TCP/IP) およびネットワーク内部のルータ間だけに閉じたプロトコルの完全分離が、ルータ側の技術の独自進化を可能にしたのである。

最近では、インターネットが持つ優れた柔軟性を一段と活用した新規のサービスを具体化する動きが活発になってきた。たとえばこれまで IP アドレスが 4 バイトで構成されていたので約 40 億個のアドレスに区分できた。しかし人類 60 億人が全員インターネットを使えばとても足りない。また IC タグとそのセンサーなどにも IP アドレスを付ければその数が無限に広がる。そこで 2002 年から 16 バイトに拡張された IP アドレスが実装されている。ルーティング・プロトコルとルータは、この途方もない数のルーティングと未知なるサービスに対応できることが期待されており、その役割がますます重要になってきた。

欧州連合 (EU) 全体で推進する産学官プロジェクトである Framework Program-7 で現在 33 の European Technology Platform が活動しているが、電子・情報分野で 2006 年 7 月に発足した European Technology Platform on Smart System Integration (EPoSS) では、身近にあるすべての物体にセンサーやメモリー、無線ネットワークなどのを組み込み、周りの状況を感じ・認識・判断しながら自立的に情報のやりとりやアクションを起こす機能の RFID、および周辺環境を IT 技術でインテリジェント化する Ambient Intelligence システムの開発が大規模に行われている。ここでも柔軟な接続性と拡張性を持つルータの機能が必須だが、現状の 4 バイト構成の IP アドレス用ルータでは対応できない。

今後のルータは、ここから大きく変貌していくであろう。そしてこれを支えるルーティング・プロトコルも自ら進化していくはずである。このような途方もない数を対象にしたルーティング機能拡大は、従来型と新規ルータとの新たな機能分離、すなわち更なるモジュール化の進展なくして不可能である。これまで標準化やモジュール化は技術の進化や柔軟性に欠けるシステムを作るという意見も散見されたが、パソコンでも携帯電話でも、そしてインターネットであっても、標準化やモジュール化によってすぎましいまでの技術イノベーションが進み、柔軟性や拡張性も同時に実現するという事実を、我々に教えてくれた。

³⁰その背後に通信経路の伝送スピード (バンド幅) が飛躍的に向上したことを忘れてはならない。1990 年代には大部分が毎秒 64～150 メガ・ビットであったが、2000 年にはその 10 倍の毎秒 1 ギガ・ビットを超えるものも出現し、現在では更に 10 倍以上の 10 ギガ・ビットさえ使われるようになった。

2.4 シスコシステムズの標準化ビジネスモデル

1970年代から1980年代に起きたコンピュータ側とネットワーク側の機能分離は、ネットワークに強力なビジネス基盤を持つ伝統的な通信業者にとって、新たな市場支配のチャンス到来に見えた。³¹ しかしながらインターネットの推進者たちは、ネットワーク内部のプロトコルをオープン標準化で統一し、このオープン・プロトコルを個人が自由に参加して進化させる仕組みを作った。インターネットの推進グループは、技術の進化を伝統的な郵便電信電話公社に独占させない仕組みを完全オープン標準化によって構築したのである。そしてインターネット側に課金する機能さえも付けていなかった。従来型の課金によって巨額の利益を上げようとした伝統的な通信事業会社の目論見は、ここから崩壊する。

1970～1980年代にインターネットの出現を担った先鋭的な技術者群は、たしかに特定の大規模企業や伝統的な通信事業会社による支配を防ぎ、誰もが参加できる共創の場を構築した。このような伝統的な制度や大きな政府に対する反抗姿勢は1970～1980年代の欧米に共通する現象であり、その背後にハイエクやミルトン・フリードマンの経済思想があったのだろうか。³²

本稿で取り上げたルータは、専用回線ではなく、また既に接続されている伝送路を使うという方式でもなく、その都度最適な伝送路を探しながら情報を伝達する。完全な接続性とこの高度な柔軟性を必要とするインターネット環境だからこそルータが必須のデバイスになり、インターネット環境のネットワーク内のルーティング情報がルータ側へ集中カプセルされるに至った。

そしてシスコは、当時のマイクロソフトと同じくIOSを完全ブラック・ボックス化し、その上でさらにIOSの技術革新をシスコが独占的に進めていった。また例え技術革新が進んでも、ユーザ側から見た操作性だけは決して変えることがなかった。ユーザ側が苦勞して学んだ操作性が常に同じであれば、これがネットワーク外部性となって、ユーザは次の機種もシスコの製品を購入することになる。シスコが提供するルータやLANスイッチおよびその関連機器を動かす基本ソフトとしてのIOSこそが、操作性というユーザ・インタフェースを維持拡大するブラック・ボックス技術であり、そして世界中に点在する膨大な数のルーターとの接続性を保証するブラック・ボックス技術であった。このブラック・ボックス化と技術進化の独占が、完全なオープン環境のインターネット・システムにおける市場支配力を支えたのである。³³

このようなシスコの姿を標準化ビジネスモデルという視点で表現すれば、**図4**となる

³¹ 事実、1970年代の後半に多くの国の通信業者が共同でX.25というホスト・コンピュータ間のプロトコルを国際規格にしたが、ネットワーク内部のプロトコルは何も決めなかった。それぞれの国が独自プロトコルで通信路を支配し、課金によって従来型のビジネスを推進したい意向があったためと言われている。

³² 1960～1970年代のベトナム反戦運動を支えた思想が背景にあったという人もいる。

³³ シスコは自社の機器を使う技術者に対して認定制度も設けた。シスコの機器の操作性をマスターして認定された人は、ネットワークの関連企業に高給でスカウトされたという。

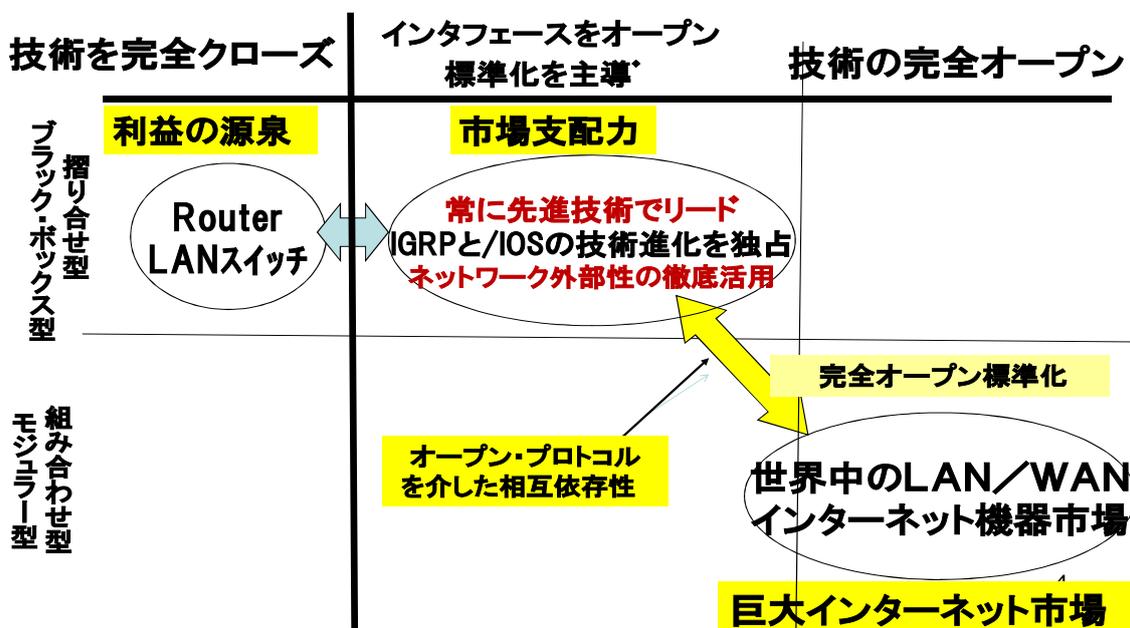
であろう。インターネットは完全オープンな共創の場であり、競争の場でもあった。そしてネットワークの中のルーティング・プロトコルもオープンな共創の場であったが、ここで IOS は共創の場における熾烈な競争によって圧倒的な市場支配力を持つにいたった。この IOS を完全ブラック・ボックス化して独占したシスコが、インターネット・ルータ市場を独占したのである。

オープン化という完全競争の環境は確かに大量普及を加速させる。しかしながら皮肉にも、大量普及のフェーズになるとシスコシステムズがネットワーク内部の市場を独占するという、1970年代以上の極端な不完全競争が生まれたのも事実であった。これはパソコンでも携帯電話でも、また DVD でも同じように観察される現象である。

インターネットというシステムの技術体系が標準化によってオープン化され、ここからシスコが飛躍のチャンスを掴んだという意味で、その背後に潜む時代思想はパソコン互換機メーカーや基幹部品メーカーのそれと全く同じであった。インテルやマイクロソフトも、シスコシステムと同じように1980年代に飛躍のチャンスを掴んでいる。そしてこれらの企業は、いずれも図4の構造をもった標準ビジネスモデルで表現される勝ちパターンであった。

図4 シスコの標準化ビジネス・モデルとそのアーキテクチャ分析

ネットワーク外部性の効果および
ブラック・ボックス領域とオープン環境の相互依存性を強化することで市場支配



経済学でいう完全競争を、標準化という協業によって人為的に創り出すということは、裏を返せば誰もが参加できるという意味で差別化が困難であり、このプラットフォームそ

れ自身から利益を上げることはできない。³⁴ しかしながら完全オープン化によって生まれたプラットフォームは、人々が互いに得意技を持ち寄って新たなビジネスを共創し合う場となる。異なる価値観を持った多種多様な人々が知恵を出し合うという21世紀の文明装置が図2に示す構造のモデルによってグローバル市場に創り出されたが、この完全オープンな共創の場で独占体制を構築する勝ちパターンが図4の構造を取るビジネスモデルだったのである。

しかしながらたとえ完全オープンであっても、どこかをブラック・ボックスにして独占しなければ企業は利益をとれず存続できない。独占に近い極端な不完全競争が経済活性化に多大な貢献をしたのは厳然たる事実であり、そして特定セグメントのブラック・ボックス化や独占は、技術の持続的な進化を決して妨げることがなかったのである。

オープン標準化は、たがいに得意技を持ち寄って共創する場を作り出すだけでは決してなかった。企業が知恵を絞って競争する場を共創の場の上で作るという二重構造が、オープン標準化によって構築される。人為的に構築されたこの二重構造が、経済成長に多大な貢献をするのである。その代表的な事例がインターネットであり、シスコシステムズ社であった。

3. シスコシステムズ社の標準化知財マネジメント ³⁵

3.1 オープン環境の中のシスコシステムズ

1984年に創業したシスコは、5年後の1989年に株式上場を果たして巨額の資金を手にした。売り上げが2,800万ドルしかないのに、シスコの時価総額が2億2000万ドルになったのである。1990年代にはこの資金を使った成長戦略を実行に移し、インターネット市場で興隆しつつあったLANスイッチやATM非同期転送システムなどの新規領域を次々に買収した。また同時に、ネットワーク同士が簡単に結合できる“相互接続可能なネットワーク”というコンセプトを推進した。

事実シスコは、自社が提供するネットワーク機器以上に、ユーザがすでに持っていたり、あるいは購入する他社の機器との接続を可能にせざるを得ず、その都度接続機能を強化することになる。実はこのプロセスこそが統合化の深淵なる技術力と統合化を支える組織能力の原点だったのであり、すでに述べたように、シスコ躍進の秘密がM&Aではなくここにあったのである。技術統合化の組織能力は、1990年代に自社のルータへM&Aで手に入れた多種多様なハードウェア・ネットワーク機器取り込むノウハウを蓄積する上で極めて重要な役割を担った。これらのノウハウが集中カプセルされたインターネットワーキングOS (IOS)は、その後のシスコが持つ最大の付加価値へと進化していく。

³⁴ 標準化を論じる人々は、誰もが独占できない完全競争状態を人為的に創り出して共通のビジネス・プラットフォームを、非競争領域と定義している。これもコース(1992)が架空の市場として定義した“取引コスト・ゼロ”に近い市場である。

³⁵ ここで紹介するシスコの事例は、小川(2009b)の一部を取り込み、インターネットの世界で位置付けた。

しかしながらシスコは当時のマイクロソフトと同じように、IOS のインタフェースだけをオープンにするものの内部を完全ブラック・ボックス化し、その上でさらに多くの領域に知的財産の網を張り巡らしながら IOS の改版權をシスコだけが独占的に握った。たとえば IOS は、シスコ独自のルーティング・プロトコル (IGRP) をしようして、ルーター間のルーティング情報のやり取りを可能にしている。改版權を独占するという事実は、同じ時期の 1992 年からサービスを開始したヨーロッパ GSM 携帯電話システムと同じであった。GSM 陣営もシスコと同じように、プロトコルを国際標準でオープン化するものの、このプロトコルで動作するベース・ステーションだけは、完全なブラック・ボックス構造にして市場支配の原点を作った。GSM 陣営もシスコと同じようにオープン化されたプロトコルの技術進化 (改版權) とブラック・ボックス領域の技術進化を、ともに独占する構造を構築していたのである。³⁶

インターネットの急速な発展はすべての基盤となるプロトコルのオープン化であった。最初にホスト・コンピュータ間をつなぐ TCP/IP が完全オープン化して特定企業や政府機関による独占を防いだ。またネットワーク内部だけで使われるルーティング・プロトコルについても、すでに本稿の 1. 4 で述べたように、1970 年代後半から 1980 年代にかけて先進的な技術者群や先進的なユーザが Request For Comment(RFC)という仕組みを作って誰でも使えるオープン化を徹底させた。

インターネットの普及を支えた IETF という標準化機関は、1992 年からインターネット環境に興隆した自由参加の学会、ISOC(Internet Society)の下部組織であり、現在でもインターネット関連技術のオープン標準化で大きな役割を担っている。IETF でも、やはり先進的な技術者やユーザが個人の資格で参加し、RFC の仕組みを駆使しながらインターネットの発展を支える技術やサービスの方向を示してこれに必要な技術標準を決める。

インターネットの接続性や新たなサービスを具体的に実現する技術がブラック・ボックスとしての IOS に集中カプセルされる一方で、その IOS はオープン環境で標準化されるルーティング・プロトコルの規約の下で動作する必要がある。そこでシスコは、ブラック・ボックス化と標準化 (オープン化) という矛盾を解消する手段として、最も先進的な人材を結集させてインターネットの将来方向を自ら繰り返し提案し、これによってオープン環境の技術世論をリードしていった。同時にシスコは自社のブラック・ボックス型 IOS に将来技術をいち早く取り込み、先進的なユーザへ提供しながら彼らと共にその有効性を検証していった。

たとえば、シスコは次々に IOS を進化させて顧客へ提供するが、金融機関や行政機関など新規サービスよりも信頼性・安定性を重視するユーザへは、十分に実績のある IOS を提供する。しかし同時に先進的なユーザには、新規機能についての信頼性が完完全で無いことを前提に提供し、ユーザの協力を得ながら新規 IOS の完成度を高めていった。さらに先進的なユーザのニーズを積極的に取り込んで新たな機能・サービスを次々と盛り込んで

³⁶ 例えば小川(2009b)の 2.3 を参照。

提供した。したがってユーザ側の方がシスコに代わって大規模な接続試験・検証試験を行うケースも非常に多くなり、評価結果がシスコにフィードバックされて品質が急速に向上していったのである。

以上のようにシスコは、インターネット・サービスの将来方向を先進的なユーザと共有し、彼らが IETF と取り交わす RFC を介して結果的に IETF の標準化をシスコが推進するプロトコルの進化の方向と同期させることができた。同時に IETF の幹事会を構成する重要メンバーとなって影響力を行使できたのも事実である。また IETF という個人が参加する標準化団体であっても標準規格の決定まで時間がかかるので、標準が決まった時点にはシスコがすでに IETF が標準化した機能や新規のサービスを IOS(ルータ)で実用化できていた。個人が参加する IETF の規格は決して強制ではないので、シスコは顧客が希望するとき IETF 規格のプロトコルをサポートすればよい。シスコは常に先行メリットを生かすことで、オープン化の中でブラック・ボックス領域の付加価値を高めてきたのである。

シスコのルーティング・プロトコル (IGRP) は IETF が標準化した OSPF と基本機能がほぼ同じになっているが、IGRP などのプロトコルで動く IOS の機能やサービスでは常に先行してきた。シスコは完全オープンな世界と進化の方向を共有し、IETF というオープンな環境で個人が提案し合う標準化の仕組みだったので、シスコとして活動しやすいオープン標準化だったのではないか。

一般にネットワーク・システムでは色々なプロトコルが技術的に適用可能だが、例えばシスコが次々に進化させる IP プロトコルと連動させながら IOS の機能を進化させ、これをネットワーク・ルーターへ組み込まれる。したがって、オープン環境で標準化されたはずのプロトコルでさえ、シスコがそれを少し進化させただけでも、そのわずかな違いが大きな差別化要因となる。

すなわち、誰にでも開放されるプロトコルおよびプロトコルと非常に強い相互依存性を持つブラック・ボックス領域の改版權を同時に独占すれば、トータル・ネットワークシステムの技術進化を全てコントロールできる。そして誰にでも開放されるプロトコルを介してブラック・ボックス領域からオープン市場を支配できることになる。この機能がシスコのビジネスモデルの基本戦略に位置取りされていたのである。デファクト・スタンダードとしてのルーティング・プロトコル (IGRP) の土俵の方で、IETF で標準化されたルーティング・プロトコル (OSPF) に無い先進的な最新機能に対応できていて、それがシスコの IOS によって具体化されているなら、多くの先進的ユーザがシスコの IOS とシスコのルータを選ぶ。シスコは、この効果を最大限に利用し、先進的なユーザをオピニオン・リーダーとして活用した。インターネット・サービスの将来方向に関する世界の技術世論を、シスコの方向へ一体化させたのである。しかしながらこれだけでは、シスコの市場支配力を説明することができない。

3.2 オープン環境の覇権を巡るシスコシステムズの知財マネージメント

シスコが次々にユーザシステムを接続させながら躍進するにつれて、大手顧客が持つ基幹システムとして採用している IBM のシステムへも、シスコのシステムを接続するようになった。コンピューター・ネットワークで圧倒的な力を持つ IBM ユーザのシステム市場も、安価でオープン環境のインターネットをベースにしたシスコのシステムによって包囲されたのである。

この事態を打破するために IBM 主導で 1995 年に結成されたのが、シスコ包囲網としての Network Inter-connect Alliance (NIA) コンソーシアムであり、IBM、スリーコム、ベイネットワークスなどが中核メンバーであった。NIA コンソーシアムの基本戦略は、やはりトータル・ネットワークシステムを左右する接続性に集中しており、メンバー企業のインターネット機器なら互いに接続性を保証することを前面に出した。営々と蓄積した付加価値領域や市場支配力の原点が、オープン標準化によって切り崩される危機に瀕したシスコは、図 5 に要約した巧妙な標準化戦略を採って IBM 陣営の攻略をかわすことになる。

ここで我々が注目すべき第一の点は、シスコの IOS だけが全てのネットワークの接着剤になるというコンセプトを前面に出し、同時に IOS が組み込まれて接続性が保証されるインターネット機器の販売権を世界中の企業へライセンスした点である。その上でさらにルータ/IOS のインタフェースと動作方法に関する技術情報をライセンシー企業へ完全公開した。したがって販売ライセンスを受けた全ての企業は、シスコが接続を保証する環境をそのままユーザへ納入できるようになった。もともとシスコ製品の利益率が非常に高かったため、シスコから OEM で提供された企業は、自ら全てを開発する場合よりは、遥かに多くの利益を取ることができたのである。

図5 プロトコルのオープン化と改版權を巡る 標準化・事業戦略

競合企業の登場

- ①1995年:3COM、Bay Networks、IBMの連合が Network Inter-connect Alliance(NIA)のコンソーシアムを結成
- ②Protocolのオープン規格, 互いの接続性を保証し合う(シスコへの対抗)

シスコによる対抗戦略としての標準化

- ① ルーティング・プロトコルとこの規約で動くIOSをシスコのルータと一括ライセンス(1997年)。インタフェースの動作方法に関する情報だけ開示 - Compaq, HP, CableTron, DEC, NEC, Microsoft, Alcatel, Ericsson, GTE
- ② PCにおけるWindowsに見立てて大規模なプロモーション
IOSは全てのネットワークとの接着剤、動作を保証する拠り所

シスコに見るオープン標準化の知恵

- ①IOSのインタフェースを開示したが改版權は全てシスコが持つ。
- 一見オープンだが、他社は独自に改良できない。
- ②技術イノベーションを常にリードして新規機能を付け、ユーザに応える
- ③その時点の機能に関する接続性を独占して常に市場の支配権を握る

販売ライセンスを受けた企業に、日本のNECや北欧のエリクソン、フランスのアルカテルなど、アメリカ市場以外で圧倒的に影響力のある外国企業群が多数含まれていたことで、IOSが組み込まれたシスコのルーターが瞬く間に世界市場へ普及していった。また当時のIBMは、自社のハードウェア技術を前面に出し、顧客に対してIBM製の器機を何度もアップグレードさせることで利益を上げようとしていたので、シスコはIOSが組み込まれたハードウェア機器を非常に低い価格でユーザへ提供する戦略を徹底させた。これによってIBMの粗利益が激減するようになり、オーバーヘッドの大きいIBMは、ニッチな大規模システム市場へ追い込まれたが、シスコは価格競争力を武器に中小規模システムに焦点を充ててユーザ数を急速に拡大させた。

有線電話が普及するプロセスを研究して導かれたネットワーク外部性という理論によれば、同じインフラを共有して互いに繋がり合うユーザの数が多くなればなるほど、ユーザ一人ひとりのメリットが急増する。したがってIOSが組み込まれたルーターがパートナー企業の販売チャンネルによって世界中に販売され、またルーターの設置台数が中小規模システムのユーザ層で飛躍的に急増したことは、シスコのルーターがネットワーク外部性を理想的に活用できるようになったことを意味する。

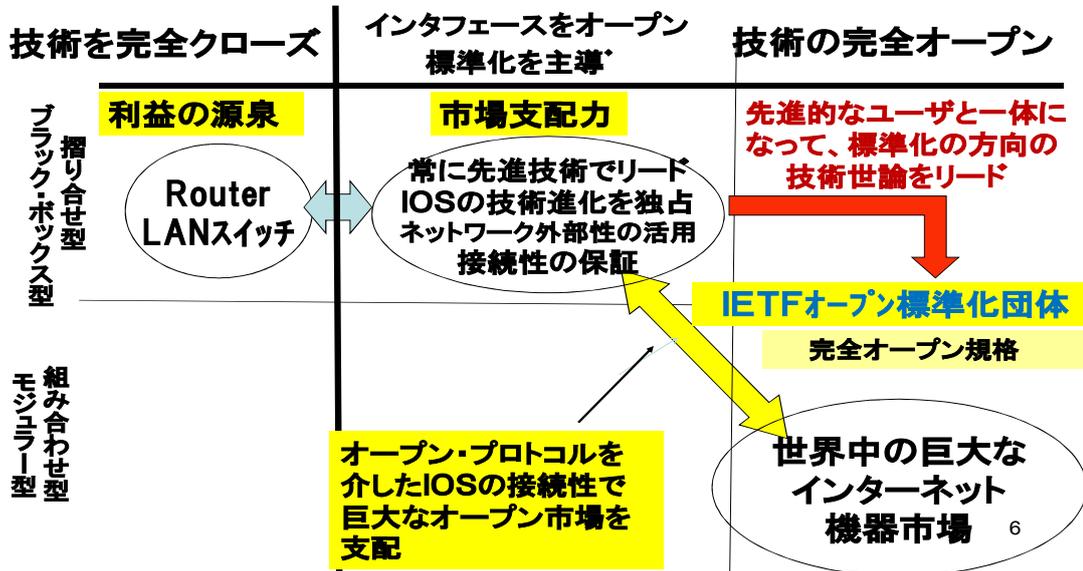
しかしながらシスコの市場支配力を、単にネットワーク外部性だけでも説明することができない。図5でも要約したように、シスコはIOSのインタフェースと接続性に関する情報を開示したものの、その改版權を決して許可しなかったという点にこそ、市場支配の原点があったのである。シスコからライセンスを受けた企業はいずれも技術力に長けた企業であって自分でインタフェース機能を追加しながらさらに接続性を強化することができた。しかしシスコは改版する権利を与えなかったのである。逆に、たとえ接続性に関する部分であっても一部の技術情報（特に新規の機能）だけは決して開示せず、常にシスコだけが新規アプリケーション領域における接続性を必ず主導したと、多くの人が証言している。

デジタル・ネットワーク型のビジネス環境に見る知財マネジメントとは、自由に使用させるが権利を決して手放さないという知恵であった。特にプロトコルはネットワーク環境に生まれるほぼ全ての技術モジュールを結合するための基本的な規約である。このプロトコルがIOSと強い相互依存性を持っているという意味で、シスコは自社の付加価値領域からオープン環境を完全にコントロールする仕掛けを完成させた。

これがシスコの知財マネジメントである。単なるインターネット外部性だけでなく、また単なる特許や技術ノウハウだけでも決してなく、その上位レイヤーにある契約という取引行為を組み合わせることによってシスコの知財マネジメントが完成する。これを標準化ビジネス・モデルと重ね合わせて図6に要約した。

図6 シスコにみるオープン環境の知財マネジメント

- ・ブラック・ボックス領域の知財と技術改版權の独占して利益の源泉構築
- ・ユーザと協業による標準化と接続性でオープン環境を支配



システム全体に大きな影響を与える IOS でインターフェースの改版權すら手放さず、その上で更にシスコが機能拡大に圧倒的なリソースを注ぎ込んでこれら基盤技術の進化をリードすれば、シスコから販売権のライセンスを受けたパートナー企業は決して互換ルータを作ることができない。また大量普及が進んでインストール・ベースが巨大になれば、シスコと互換性の無い製品を顧客が欲しがることはない。ここからシスコが、合法的に独占体制への道を歩むことになる。

3.3 シスコシステムズから学ぶ知恵

シスコが IOS インターフェースを開示しながら改版權をしっかりと維持した知恵がどこから出てきたのかまだ解明されていない。しかしながらシスコは、1980年代のIBMがBIOSのソース・コードを公開はしたが改版權を独占しなかったために技術進化の全てを後から追いかけた互換機メーカーに奪還された、という事例は当然知っていたはずである。ここから多くの教訓を学んでいたのではないか。³⁷

事実、技術の改版權に関するシスコの戦略はインテルがパソコンのマイクロ・プロセ

³⁷ アメリカには、経済学やビジネス、法律、政治科学を学ぶ学生だけでなく、アメリカ産業の構成や機能について興味を持つ専門外の人々を対象にかかれた教科書が多数あり(たとえばアダムス(2002))、自ら直接調べた一次情報によって生々しいビジネスの現場が当たり前のように書かれている。しかし我が国では、例えばインテルが自社のマーケティング・ツールに使ったキャッチ・フレーズなど、人為的に作られた考え方をそのまま事実と誤解し、誤解の上で組み立てる論理がレフリー付の一流学会誌にすら散見される。しかも現場を離れた抽象的な議論が多く、企業人が是を活用することが困難になっている。

ッサーで採った戦略と同じであり、またマイクロソフトがパソコンのオペレーティング・システム（DOS）で採った戦略と同じである。またヨーロッパ携帯電話に見る GSM 陣営でも同じ戦略が観察されている。これらの事例はすべて、ブラック・ボックス領域だけではなく、誰にでも自由に使わせる領域ですら技術の改版權、すなわち技術を進化させる権利を必ず独占している。そしてその背後に必ずネットワーク外部性の作用があったのである。オープン環境でビジネスを独占する仕掛け作りがここにあった。

1990 年代に欧米企業が完成させた標準化・知財マネジメントでは、国際標準化によって低コスト化を狙うのがあくまでもオープン化させたセグメントだけである。当然のことながら決して自社の付加価値領域ではなかった。しかも彼らは自社の付加価値領域からオープン環境をコントロールするメカニズムを必ず内部に持っていたのであり、³⁸ その背後に巧みな知財マネジメントがあった。市場支配のメカニズムとこれを支える知財マネジメントは、ヨーロッパ GSM 方式のデジタル携帯電話でも同じであった。欧米諸国企業が当たり前のように手を打つ仕掛け作りと知財マネジメントを理解しなければ、そして大量普及や低コスト化の視点だけで知財マネジメントを続けるなら、我が国企業は今後もオープンなグローバル市場から何度も撤退を繰り返すであろう。

シスコのビジネスで最大の特徴は、インターネット・システムに関わる多種多様な通信機器を All-In-One Solution として提供し続けた点にある。これはデジタル携帯電話システムにおけるノキア社のモデルとその基本思想が同じである。更に言えば現在のアップル社に見る i-Pod や i-Phone でも同じであり、例外なくデジタル・ネットワーク環境で構築されたオープン垂直統合型のビジネスモデルを構築している。

1970~1980 年代の VTR は、伝統的な擦り合わせ型製品なので基幹部品の全てを内製しながら完成品をブランド付きで売るといふ、クローズドなフルセット垂直統合型のモデルが経済合理性を發揮した。一方、シスコやアップル、あるいはノキアは、オープン環境で基幹部品を内製せずに外部から調達はするものの、これを使ってユーザへ提供される製品とサービスは、一連の技術や部品がその企業の中で統合化された All-In-One Solution となっている。この意味でいずれも統合型であるものの、オープンな垂直統合型である。デジタル・ネットワーク型産業では経済合理性がトータル・システム全体に宿るが、これを支えるのがオープン環境で創る 21 世紀の垂直統合型だったのである。

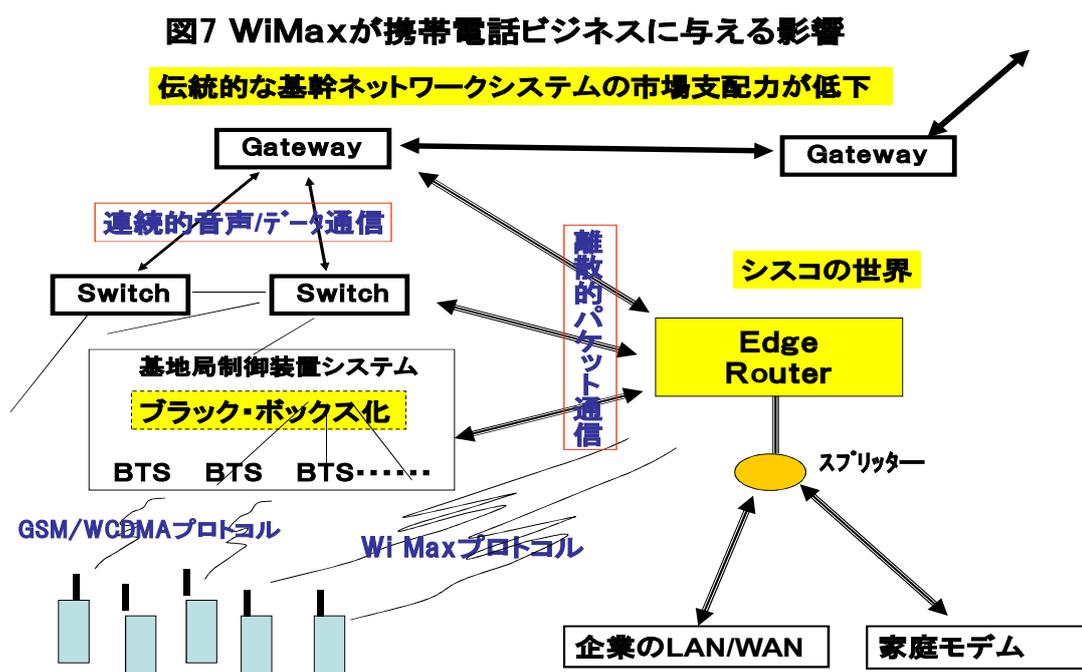
このような仕掛け作りは 1980 年以前のアナログ時代では不可能であった。デジタル技術の登場によってはじめてオープン環境を支配する仕掛けが可能になったのである。そして知的財産のマネジメントも、このような経営環境の到来によってはじめて技術開発以上に重要な役割を担うようになった。

3.4 WiMax のオープン標準化がシスコシステムズのビジネスモデルに与える影響

WiMax の登場がデジタル携帯電話システムのブラック・ボックス領域を強制的にオー

³⁸ 例えば小川(2008a) および小川(2008b)。

ブン化させようとしている。もしこれが世界中に普及する事態になれば、これまで携帯電話のビジネスモデルを支配してきたノキアやエリクソンなど、ヨーロッパ企業の競争優位がここから徐々に揺らぎ始めるであろう。一方、アメリカ主導でオープン標準化が進められる WiMax は、21 世紀のアメリカを代表するネットワーク産業の担い手としてのシスコ型ビジネスモデルを、更に強化する方向へ進化するように思えてならない。その理由を図 7 に示した。³⁹



ここに記載されたそれぞれのレイヤーを繋ぐプロトコルは、シスコやエリクソンなどによって第四世代 WiMax プロトコルの名で標準化が進められている（実質的に 3.9 世代にも適用といわれる）。当然のことながらシスコのルーターは既存のインターネットを介して既存のインターネット・サービスを行うが、同時に WiMax 用のベース・ステーションを介してパソコンや携帯電話への繋がるようになる。

ここで WiMax は、ルーターの内部構造まで完全なオープンにしている。したがってブラック・ボックス化されたベース・ステーションを市場支配の原点にしたヨーロッパ携帯電話システムの絶対優位性が崩壊する可能性が出てきたのである。

インターネットの世界と携帯電話の世界がシームレスに結びつき、人類共通のインフラに育った携帯電話とパソコンが世界の隅々までスムーズに繋がる可能性が出てきた。これまでデジタル技術へオープン国際標準化が重畳することによって、技術の伝播スピード

³⁹ 図 7 は元東京大学ものづくり経営研究センター特任助教で、現在兵庫県立大学准教授である立本博文氏とのディスカッションをベースにして作ったものである。

が1980年代以前の我々が想像できないほど速くなり、グローバルな巨大市場を瞬時に創り出した。その背景にあったのが製品アーキテクチャやシステム・アーキテクチャのモジュラー化であったが、同時に情報伝達のスピードを飛躍的高めたインターネットの登場がこれを加速させた。図7に示す人類共通のインフラが先進工業国から NextElevem とさえ呼ばれることのない国々まで拡大した。これまで机上で言われ続けたユビキタス世界がこのような姿で実現されたとき、人類社会が大きく変貌していくであろう。

参考文献

- アダムス.W(2002)「現代アメリカ産業論」、金田重吉訳、創風社
- 小川紘一(2008a)「製品アーキテクチャのダイナミズムを前提にした標準化ビジネス・モデルの提案」、東京大学ものづくり経営研究センター、*MMRC Discussion Paper*, No.205.
(http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/pdf/MMRC205_2008.pdf)
- 小川紘一(2008b)「我が国エレクトロニクス産業に見るモジュラー化の進化メカニズム」赤門マネージメントレビュー、第7巻2号、pp.83-127,2008年2月
- 小川紘一(2008c)『我が国エレクトロニクス産業に見るプラットフォームの形成メカニズム』「赤門マネージメント・レビュー」7巻6号、
- 小川紘一(2009a)「製品アーキテクチャのダイナミズムとオープン国際分業の進展」、東京大学知的資産経営・総括寄付講座 デスカッション・ペイパー #003 2009年1月
- 小川紘一(2009b)「ネットワーク型産業の国標準化と知財マネージメント」、東京大学知的資産経営・総括寄付講座 デスカッション・ペイパー #004 2009年4月
- アルベル・ガワー、マイケル・クスmano(2005)、「プラットフォーム・リーダーシップ」コース。R. H (1992)「企業・市場・法」、宮沢健一/後藤晃/藤垣芳文訳、東洋経済新報社 有斐閣、小林敏男 監訳
- ニコルス・テンベスト、クリスチャン・キャスパー(2007)。
「シスコシステムズ：製造のための買収統合」、ロバート・バーゲルマン他『技術とイノベーションのマネージメント』、CASEIII-3, 翔泳社
- ジャック・アタリ (2008)「21世紀の歴史」,林昌宏訳 (株)作品社
- ジャネット・アバテ(1999)「インターネットを作る」 大森義行・吉田晴代訳、北海道大学図書刊行会
- 松岡正剛(1990)「情報の歴史」、N T T出版
- 森田正規(1998)「文明の技術史観」、中公新書