

# デジタル技術進化論

IIJ 技術研究所

長 健二郎

## デジタル技術と生物の進化の共通点

デジタル技術の進歩するスピードは、他の技術とは比べものにならない。この革新スピードをもたらしているのは、汎用コンピュータであるPCと汎用ネットワークであるインターネットだと言える。つまり、新しいアプリケーションがどんどん生み出され、世界中に広まる仕組みこそが、技術革新の根源になっていて、それは生物の進化の仕組みに似ている。

ダーウィンの進化論では、生物は環境に対して生存に有利な形質を持つものが多くの子孫を残し、その繰返しの中で環境に適応して進化すると説明される。いっぽうで、過度に環境適応すると、急激な環境変動には対応できなくなり、やがて絶滅してしまう。

デジタル技術においても、多様なアプリケーションが生まれ、それぞれがより効率的に、また使いやすく世代交代して行き、多様なものの中からより良いものが生き残ることが繰り返されて技術が進化する。とくに、デジタル技術では、それを取り巻く環境の変化が速いので、技術の交代も速い。個別の技術が進化すると同時に、環境変化によって主流となる技術が交代していくダイナミクスこそが、デジタル技術革新のスピードを生み出している。

これまでも、PCとインターネットの普及に伴いwebが生まれ、ダイヤルアップ接続利用が広がり、それがブロードバンドと常時接続に進んで、ソーシャルネットワークやP2P技術が誕生した。今後も環境変動に応じて新しいアプリケーションが生まれ、相乗効果で技術が進化していくのは間違いないだろう。

ここで重要なのは、生物進化とのアナロジーで言うと、個別の技術は種のレベルの進化であり最適化であるが、環境変化に伴う技術の変遷は生態系レベルの進化であり、種つまり技術の多様性によって支えられる。多様な技術が存在すれば、その中から新しい環境に適合するものが現れる可能性が高く

なる。PCやインターネットが基盤技術と言えるのは、多様な生態系を維持する役割を担っているからである。

## 多様性の負の側面

多様性には負の側面もある。多様性は、混沌と表裏一体である。環境変動を想定しない古い技術観では多様性は避けるべきものであった。実際、インターネットでも多様性を容認するアーキテクチャが、迷惑メールやマルウェアがはびこる原因となっている。そして、このような多様性の問題に対し、多様性を否定する揺り戻しも起こる。これまでも、多様性の問題の不安を煽って、異分子を排撃し求心力を作ろうとする動きは何度となく繰り返されてきた。そのいっぽうで、多様性や自由を曲解した主義主張も繰り返されている。しかし、いずれの動きも、たとえ一時的に成果を上げてても長期的に成功しないことは歴史が示している。ここでは、多様性の中から生まれるバランス感覚が、多様性の持つ正負の均衡を保つ重要な役割を果たしている。

環境変動のなかでは、混沌の中から新しい技術や秩序が生まれてくる。問題部分も含めて多様性を許容し、発生する問題への対応を繰り返すことで問題解決機能を維持し、システムのロバストネスを支えているのだ。その意味で、次々に問題が起こり、それらを乗り越えていくことは、多様性による創造と進化にとって欠かせないプロセスだと言える。

## 基盤技術の役割は系の進化を支えること

PCの普及で、誰もがアプリケーションを作ることが可能になり、また、そのアプリケーションを配布すれば第三者が利用できるようになった。インターネットは、このようなユーザの創造性による草の根的な技術の広がりを支え、さらにアプリケーション自体が通信機能を持つことで飛躍的な技術の進展を果たしてきた。

汎用なPCと一見対極的にあるように見える専用端末も、PC

というプラットフォームがあることで成り立っている部分が大きい。ミュージックプレーヤーやゲーム端末は専用端末の良い例であるが、PCとインターネットがなければこのような専用端末が生まれたかは疑わしい。専用端末のための技術も最初はPCで生まれ、インターネットを通して一部のニッチなユーザを獲得する。しかし、PCやインターネットは、その汎用性ゆえに、特定のアプリケーションには最適なプラットフォームではない。そこで、特定用途の機能を切り出し、一般向けに操作性や処理速度や価格を最適化した専用端末が生まれ、大きく市場が広がる。ネットワークに関しても、インターネットでは必要な品質が得られない場合には、専用回線を使ったり、トラフィックの優先制御などの技術が必要になる。

いっぽうで、基盤技術であるPCやインターネットも技術として進化する。最初はPCやインターネットでは満足な性能が得られなかった技術も、多くの場合、やがてはPCやインターネットで問題なく使えるようになる。そうなると、専用端末や専用ネットワークは時間とともに優位性を失い、再度PCとインターネットのいちアプリケーションとして飲み込まれてしまう。多くの専用端末は、市場が成熟すると多機能化してPCとの差別化が難しくなり、コスト面や環境変化への柔軟性でPCに対して不利になってくる。専用機能にフォーカスする事で市場が広がっているフェーズは良いのだが、その後、高機能化や多機能化を目指し始めると絶滅への道をたどることになる。ユーザインターフェイスに特化したミュージックプレーヤーや携帯型ゲーム専用機は生き残り、PCとの差別化が出来なかったワープロ専用機は姿を消した。

現状の利用形態だけを見て、PCは近い将来にwebブラウザ専用端末に取って代わられると予測するひともいるが、それはアプリケーションの多様性とユーザの創造性を支えるプラットフォームとしてのPCの役割を軽視しているように思える。どこかの時点で、ブラウザ専用端末では利用できない魅力的なアプリケーションが登場してくるだろう。しかし、このようなアプライアンス化が一時的にせよ成功する可能性も決して少なくない。そうなった場合にはデジタル技術の進化にブレーキがかかることになるだろう。

専用端末に限らず、一般にほとんどの技術は、想定した環境で、効率化、最適化するのが使命だと言える。それゆえ、現状の利用形態に最適化された技術は、環境変動が命取りになる可能性が高い。デジタル技術は環境変化が速いので、長期的に見れば、専用機や専用ネットワークは生き残れない宿命にある。

それに対して、PCとインターネットの汎用性は、想定外の環境変動のもとで長期的に進化を支える仕組みであり、基盤技

術の本質はここにある。基盤技術の最大の役目は、想定外の環境変化に対応して新しいアプリケーションが出てくる土壌を与え、多様なアプリケーションを育むことによって、系の進化を支える柔軟性を維持することである。

インターネットは最初から多様なアプリケーションによる技術革新のためのインフラという設計思想で作られてきた。これは、ネットワーク内部には最低限の機能だけを持たせて、新しいアプリケーションやプロトコルが末端のシステムだけで自由に導入できるようにし、システム全体の柔軟性と拡張性を確保するというもので、エンドツーエンドの原則と呼ばれる。

## 基盤技術を最適化することのリスク

しかし、基盤技術も技術でありそれ自身進化する。技術面からのみ捉えると、つい効率に目が行きがちで、長期的進化を支える視点は見過ごされやすい。だが、もし基盤部分を現状の利用方法に過度に適応させてしまうと、環境変動に応じて新しいアプリケーションが出てこなくなってしまう。多少効率が悪くても、環境変化に対する柔軟性があることのほうが、長期的にみれば得られるものが大きいのだ。

多くの技術的問題は、長期的に見れば一過性のものであり、技術が発展するにつれ、その解決策も必要がなくなる。もちろん直面する問題を解決する技術は有用である。しかし、有益な技術も環境が変わると不要になり、往々にしてシステムを現状にロックインし、進化を阻害する結果を招く。基盤技術に必要なのは、最適化を導入する場合でも、進化を阻害しないように、不要になればその技術を速やかに取り除ける設計をする事である。ここでは、技術的に無効化可能な機能も、広く普及してしまうと事実上手に負えなくなることも考慮しなければならない。

とくに通信インフラの変更には大きな投資と時間が必要になるため、個別の技術論を越えた長期的視点は何よりも重要である。それにもかかわらず、そのような観点で技術が語られることはほとんどない。

## NAT、ネット中立性、そしてNGN

通信インフラが現状の利用形態に最適化され、ロックインが起ることにに関して、いくつかの例を見ていこう。

過去に技術をロックインしてしまった例として、NATを挙げることができる。NATは、IPアドレス不足への対症療法として考案された。NATは、利用が簡単で非常に便利な技術であり、インターネット利用の普及に大きく貢献した。その反面、NATが普及しすぎて本来のエンドツーエンドの対称的な通信

ができなくなってしまった。結果的に、NAT の普及によって、少なくとも双方が対等に通信するようなモデルに基づく進化の方向は閉ざされてしまった。

次の例として、プロバイダによる特定のサービスの制限や優先制御が挙げられる。ここ数年、一部のプロバイダが、特定の P2P ファイル共有のトラフィック操作を行っていることが問題視され、ネット中立性議論としてメディア等でも盛んに取り上げられるようになった。ネット中立性とは、プロバイダは特定のサービスやコンテンツの種類で、トラフィック制限をしたり、優先制御をしてはいけないという主張であり、これを保証するための法整備の必要性を訴えている。一部には、ネット中立性を平等思想のたぐいの感情論であると誤解しているひとがいるが、その本質はこれまで述べてきたネットの進化論である。

いま我々が懸念しているのは NGN である。NGN は、電話会社が提供を始めている次世代情報通信ネットワークである。トラフィック制御を行う QoS 機能によって、提携企業が提供する音声通話や高精細映像の安定配信を実現する。従来のインターネットとは、低優先度のいちサービスとして接続され、ユーザは今までどおりにインターネットを利用できる。大手のキャリアは NGN への移行を積極的に進めていて、ユーザには NGN でないインターネット接続の選択ができなくなりつつある。

NGN は、大雑把にいうと、電話会社が無秩序なインターネットに代わり、統制の取れた通信インフラを提供しようとするものである。NGN は従来の電話と IP 技術の「いいとこ取り」を目指していて、技術的には必ずしも悪くない。しかし、電話や映像配信という現状のアプリケーションのために専用機能を作り込み、なおかつインターネットの汎用性も取り込む設計がいつまでインターネットに対する優位性を保てるだろうか。その発想には、これまで述べてきたようなアプリケーションの多様性やユーザの創造性は入っていない。NGN によって、多様な創造性による技術進化に、長期的にどのような影響が出るかが危惧される。

## まとめ

PC とインターネットの汎用性こそが、デジタル技術の多様性と創造性による長期的進化を支えている。これらの基盤技術には、多様性と創造性を担保するという大きな役割がある。我々は、これらの基盤技術と一般の技術との違いを理解しなければならない。

しかしながら、実際にシステムを設計する際には、どこまで多様性を担保すべきかという判断は難しい。いくら多様性

を担保しても、その対応能力を越える変動が来ない保証はないからだ。それでも、自分達の予想を越えた変化が起こることを謙虚に受け止め、多様性の持つバランス感覚と乗り越える力を信じる姿勢が指針となるだろう。

技術的な視点だけで、基盤技術に最適化を導入することは、目に見えない形で耐環境変動のための柔軟性を犠牲にしてしまう可能性がある。しかも、このような落とし穴は、技術者も、ましてや一般ユーザも気がつかないうちに進行してしまう。後から、それがもたらす結果に気がついて、もう手遅れとなっているだろう。だからこそ、基盤技術に携わる者は、技術の将来を見据えて、健全な技術の進化を促進するよう努力する責任がある。

2009 年 7 月 14 日