

インターネットによる情報通信産業の垂直非統合

池田信夫*

要 旨

インターネットの急速な拡大は、情報通信産業の構造に大きな影響を及ぼしつつある。その最大の特徴は、情報通信サービス（論理層）と設備（物理層）に分断され、垂直統合されていた企業が「垂直非統合」される傾向である。その原因は、IP(Internet Protocol)による情報のカプセル化や要素技術のモジュール化などの技術的なアーキテクチャの変化に求められる。

この変化を本稿では「リアル・オプション」の理論によって整理する。急速な技術革新によってリスクが大きくなると、金融派生商品のように多様なモジュールを組み合わせ、オプションを広げてリスクをヘッジする必要が生じる。こうした技術革新によって、リスクを長期的関係によってプールする「日本型」システムの有効性は相対的に低下する。この変化は今後、全産業に波及することが予想されるため、新しいアーキテクチャに対応した産業構造の再構築が必要である。

キーワード：インターネット、垂直非統合、モジュール化、カプセル化、リアル・オプション

JEL classification: L86, O33

*独立行政法人経済産業研究所 上席研究員 (E-mail: ikeda-nobuo@rieti.go.jp)

草稿に有益なコメントをいただいた今井賢一、高田映一、高橋洋一の各氏、情報化研究会のメンバー、青木昌彦所長を初めとする経済産業研究所のスタッフに感謝したい。なお本稿の内容や意見は筆者個人に属し、経済産業研究所の公式見解を示すものではない。

はじめに

インターネットへの関心は電気通信の分野を超えて広がりつつあるが、その社会科学的な分析は質量ともに十分とはいえない。一時は「ニュー・エコノミー」では在庫調整が情報システムによって瞬時に行われるので景気循環はなくなった、という類の楽観論が流行したが、2000年後半以降、「ドットコム」企業が失速すると、今度は「インターネット大恐慌」がやって来る、といった議論が出てくるありさまだ。こうした議論の多くはインターネットをWWW(World Wide Web)上のビジネスと同一視し、ドットコム企業の栄枯盛衰をインターネットの運命と取り違えているが、インターネットは約30年前に誕生して以来、基本的には非営利のネットワークであり、その価値は商売道具として役立つかどうかには無関係である。

インターネットの意義は、情報ネットワークの構造を電話会社の管理する垂直統合型からユーザー中心の自律分散型に変えた点にある。これは、いわば情報の配分メカニズムにおける「計画経済」から「市場経済」への移行であり、この変化が逆転することは考えられない。経済学が教えるように、分権的メカニズムの効率性は、計画経済よりもはるかに高いからである。また、インターネットが米国において大きな成功をとげたのも、個人の独立性の高い分権的な社会がインターネットと親和性を持っていたためと考えられる。したがってインターネットの経済的な影響を考えるには、その生産性への影響を論じるだけでなく、経済メカニズムとの関係を分析する必要がある。

こうした観点から本稿では、インターネットが驚異的な成功を収めた原因とその経済的な影響を、アーキテクチャ（設計思想）の面から考える。第1節ではインターネットについての若干の技術的な背景と、いくつかの定型化された事実を簡単に整理し、要素技術のモジュール化や情報のカプセル化などの概念を説明する。第2節では、それによる経済システムの変化、特に情報通信産業全体が共通のプラットフォームによって階層分化する「垂直非統合」の原因をどう説明するかを考える。第3節では、この原因となっている技術のモジュール化を「リアル・オプション」という金融工学の概念を使って分析する。第4節では、その産業構造への影響について考え、最後に政策への含意について簡単にふれる。ミネルヴァの梟が夕暮れを待って飛び立つとすれば、まだ日の昇りはじめたばかりの今、その本質を論じるのは時期尚早のそしりをまぬがれないが、現在の混乱した状況の行方を考えるうえでは、経済学の分析用具を使ってそれを整理してみることにいくらかの意味はあろう。

1. インターネットの特徴

パケット交換

インターネットの第1の特徴は、送り手と受け手の両端だけでコントロールする分散制

御(end-to-end)型になっていることである(Saltzer et al. 1981)。電話網は、通話者の間にコネクションを張る「回線交換」方式だから、話していてもいなくても回線はずっと占有され、ネットワークは電話交換機によって中央集権的にコントロールされる。ここでは端末（電話機）は、ダイヤルで相手を選んで通話する最小限度の機能しか持たない「ダム端末」である。これに対し、「パケット交換」方式をとるインターネットはコネクションを張らず、送り手はデータをパケットにわけて宛て先（IP アドレス）をつけ、ネットワークに「投げる」だけである¹。パケットはルータ（経路制御用コンピュータ）で順に読まれ、隣のルータにリレーされて宛て先に届けられ、受け手がもとのデータを復元する。エラーが返されたら送り手が再送信するから、すべてのコントロールは送り手と受け手によって行われ、ネットワークはパケットを送り届けるだけの「ダム・パイプ」である。

そのプロトコルである TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)は 1972 年、米国防総省の研究用ネットワーク ARPANET で開発されたが²、このとき、リーダーのロバート・カーンが決めたルールは次の 4 項目であった(Leiner et al. 2000)：

- ・各ネットワークは自己完結し、相互接続するために内部構造の変更は必要としない。
- ・通信は「ベスト・エフォート」で、パケットに誤りがあったら送信者が送り直す。
- ・通信を媒介するルータは「ブラック・ボックス」で、情報の内容は何も変えない。
- ・ネットワーク全体をコントロールするしくみなしで、自律的に動く。

このような「オープン・アーキテクチャ」がとられた理由は、ARPANET に大学や軍事用の種類の異なる LAN（構内通信網）をつなぐためであった。初期の ARPANET では、通信制御がその内部構造に依存していたため、他の LAN と接続したとき、パケットの再送信などが保証できなかった。この問題を解決するため、送り手と受け手だけでコントロールする end-to-end 型が採用されたのである。

インターネットの第 2 の特徴は、ネットワークの物理的な構造に依存せず、ソフトウェアのみでコントロールされる「階層型」になっていることである。インターネットという名称は特定の物理的な通信網を指すものではなく、TCP/IP を使う全世界の多様なネットワークの相互接続(internetworking)という概念の略称にすぎない。従来のネットワークの標準化では、物理的なコネクション、エラー訂正、データの表示形式など、あらゆる階層にわたって規格が決められ、OSI(Open Systems Interconnection)では全階層について標準化を行

¹ パケット交換にも仮想的にコネクションを張って通信量を管理する ATM 交換機のような「仮想回線」方式があるが、IP は通信量の管理を行わない「データグラム」方式である。初期の ARPANET のプロトコルである TCP は、仮想回線方式に近かったが、音声のような連続的なデータを送るにはエラー制御を行わないほうがよいので、パケットを送るだけの IP が分離され、TCP/IP となった(Leiner et al. 2000)。

² パケット交換のアイデアを最初に提案したのは、ランド研究所のポール・バランである。彼は 1964 年、核戦争で無線局が破壊されても、生き残った局だけで命令を伝えることのできる分散型の軍事用無線システムを国防総省に提案したが、通信を管理する AT&T の技術者に拒否され、実現しなかった。ARPANET の設計は、これとは独立に行われたものであり、軍事的な目的はない。

おうとしたため、20年たっても規格が決まらなかった。これに対して、IPは伝送プロトコル（OSIの第3層）だけを規定し、それ以外の部分は自由にする「オープン・プラットフォーム」となることによって、適用範囲を飛躍的に広げた。IPの packets は、アドレスなどを指示するヘッダとデータ本体からなるきわめて単純な形式でできており、ルータはヘッダを読んで隣のルータに送るだけで、データの内容は読まない。このため、電話交換機のような「物理層」の違いを超えて、どんな形式のデータも送受信でき、高い自由度と中立性が実現したのである。

さらに WWW では、コンテンツの記述も HTML(Hypertext Markup Language)によって標準化され、画像などもオブジェクト（後述）としてはめこむことができ、従来はコンピュータの規格に依存していた図形やレイアウト記述なども機種に依存しないで送ることができるようになった³。このようにマシンを徹底的に「抽象化」することによって WWW は高い普遍性を実現し、言語の規格を極度に単純化してだれでも使える仕様にしたため、全世界のユーザーが自分でホームページを書いて情報を発信し、急速な新規参入と技術革新が起こったのである。

モジュール化とカプセル化

インターネットは、前節にのべたような特徴によって通信プロトコルを電話交換機などの物理層から切り離し、「論理層」だけで実現した。これは情報を有限の文字列に「デジタル化」することによって、従来は歯車や配線などの機械的な装置で行われていた情報処理を言語（ソフトウェア）だけで行うデジタル・コンピュータの設計思想を通信に拡張したものと考えることもできる。

アラン・チューリングは1936年、記憶容量が無限大の仮想的な機械（万能チューリング機械）を使えば、原理的にはどんな関数も処理できることを証明し⁴、この設計思想はジョン・フォン・ノイマンによって「プログラム内蔵型コンピュータ」として実現された。その最大の特徴は、データを処理する手続き（プログラム）自体をデータとして記述し、すべての処理を記号の操作に帰着させたことである。機械（ハードウェア）は命令を実行する機能に特化し、処理を行う CPU（中央演算装置）とデータを蓄積するメモリなどの「モジュール」にわけられた。これによってコンピュータは、プログラムさえ書き換えれば原理的にはどんな計算も実行できる「汎用機」となったのである。

³ 初期の HTML ではハイパーリンクなどの論理記述とフレームなどのレイアウト記述が混在していたが、最近では後者は CSS(Cascading Style Sheet)として分化し、最新のマークアップ言語 XHTML では、基本的にレイアウト記述は行わない。これは論理記述が完全に他の層と独立であるのに対し、レイアウトはハードウェアや OS に依存する部分があるためだ。次世代のマークアップ言語である XML(eXtensible Markup Language)は言語仕様そのものがモジュール化され、サブセットを組み合わせて使える構造になっている。

⁴ 厳密にいうと、チューリング機械で真偽が決定できるのは帰納的な（計算手続きが存在する）関数に限られ、たとえば処理の対象に処理プログラム自体が含まれる「自己言及」的な関数は決定不可能である。これはチューリング機械の原理が自然数についての関数に自然数を対応させる「ゲーデル数」の概念にもとづいているため、この非決定性はゲーデルの不完全性定理から導かれるものである。

1964年に発表されたIBMのシステム/360は、モジュール化の設計思想を初めて全面的に採用して圧倒的な成功を収めた(Baldwin-Clark 2000)。システム/360の最大の特徴は、ハードウェアを60余りのモジュールにわけ、その組み合わせによって多様な機能を実現する一方、それらをつなぐインターフェイスなどの全体設計は固定したことである。同様に、ソフトウェアも全体の構造を最初に決め、モジュールの内部設計は個々の部門にゆだねるが、それらを組み合わせるアーキテクチャは基本設計の段階で厳密に固定され、変更は許されない「ウォーターフォール型」の構造がとられた。このアーキテクチャは、組織形態においても垂直統合型の巨大組織を生み出した。製品の仕様は米国本社で決められてトップダウンで各部門に下ろされ、設計段階でこの仕様を変えることは許されなかった。

しかしモジュール化された技術は、必ずしも垂直統合型の組織で生産される必要はない。周辺機器の場合にはプラグの規格が固定されており、アプリケーションについても（司法省による反トラスト法訴訟の影響もあって）開発用の仕様が一部公開されたため、第三者によって多くのソフトウェアが開発され、結果的にはこれがシステム/360の強みとなった。これに対しIBMは、システムの中核となるOSやCPUの内部仕様を厳重な企業秘密とし、米国政府にロビー活動を行って著作権法を国際的に強化させ、いわゆるIBMスパイ事件のように警察力まで使って互換機メーカーを徹底的に駆逐する戦術をとった。ところが1981年に発売されたIBM-PCでは、開発を急ぐためOSとCPUを外注する異例の設計を採用した結果、多くの互換機が登場し、部品やアプリケーションもモジュール化され、意図せざるオープン・アーキテクチャが実現したのである（池田 1997）。

IBM-PCがオープンになったのは、さまざまな間違いの重なった偶然の結果だが、非営利組織によってコードが無償で公開されているTCP/IPは、意図的にオープン・アーキテクチャの設計思想を追求したものである。この源流は、インターネットが接続するコンピュータの大部分を占めていたUNIXの設計思想にも関連する。AT&T（米国電話電信会社）のベル研究所で開発されたUNIXは、AT&Tがコンピュータ事業を禁じられていたため、ソースコードが大学や研究所に無償で配布され、ミニ・コンピュータの標準OSとして急速に普及した。初期には、その利用は非営利の用途に限られていたため、UNIXの上で使われるアプリケーション（Emacs、TeXなど）もすべてパブリック・ドメインで自由にコピーされ、TCP/IPもUNIXのシステムに内蔵されたため、自然にコードを公開して共同開発する方式が採用された。

VAN（付加価値通信網）と呼ばれる大型機時代のデータ通信では、プロトコルがコンピュータの機種ごとに違っているため、異機種間で送受信するには互いにデータを「翻訳」するプログラムを作らなければならなかった。コンピュータの種類を n とすると、必要な変換操作は $n(n-1)$ 種類となり、大規模なネットワークでは組み合わせの爆発が起こってしまう。また通信プロトコルは企業秘密なので、VAN業者は独自にデータを解析して膨大な種類の翻訳プログラムを作らなければならず、この負担のためにVANは商業的には成功しなかった。これに対しインターネットでは、固有の形式のデータを送信側でIPパケット

に「カプセル化」(encapsulate)し、受信側で非カプセル化するだけだから、変換操作は 2n 種類でよく、各メーカーは自社の通信プロトコルを公開する必要がない。いわば貨幣がさまざまな財を価格という 1 次元の尺度で表示することによって価値基準の違いを隠したように、IP は機種の違いをパケットの中に隠し、通信処理を論理層だけで行うことによって情報の流通性を高めたのである。

1990 年代からソフトウェアの主流になった C++などの「オブジェクト指向言語」でも、情報を隠すことは最も重要な設計思想である。ここではプログラムは自己完結的なオブジェクトの集合体として書かれ、オブジェクト内の命令を外部から直接参照することはできない⁵。システム/360 以来の汎用機的设计思想においては、個々のモジュールとそれを組み合わせる全体設計は区別され、データとプログラムもわかれているが、もともとチューリング機械においてはデータとプログラムの間に本質的な違いはない。オブジェクト指向言語では、データとそれを処理する手続き（メソッド）を一つのオブジェクトの中にカプセル化することによって、機能の追加や削減が自由にできるようになり、保守も容易になった。さらに分散オブジェクト言語である Java は、インターネットを「仮想機械」として使うことによって世界中からネットワークを介してオブジェクトを駆動することを可能にした。今後、通信の帯域が拡大し、コンピュータの処理能力が向上すれば、インターネット自体が「並列コンピュータ」として使われるようになるだろう。ここではコンピュータもネットワークも具体的な機種やプロトコルの違いを超えて抽象化され、命令を実行するための「環境」となるのである。

2. 垂直非統合

情報通信産業で巨大買収・合併が流行したころ、これを「収穫逡増」によって正当化する議論が流行したが、実際には企業買収によって両者を合算した企業価値が高まる確率は半分以下である。攻撃的な企業買収を続けてきた AT&T やワールドコム戦略も挫折し、あいついで企業分割を行った。情報通信部門全体としても集中度は低下しており、ハードウェア・ソフトウェア・通信部門の上位 5 社のシェアは、1988 年から 98 年にかけて 15-30% 縮小している(Ghemawat-Ghadar 2000)。

特定の規格のユーザーが増えることがその規格の価値を引き上げる「ネットワーク外部性」は需要側の問題であって、これを生産関数の問題である収穫逡増（費用逡減）と混同してはならない。この外部性はプラットフォームに対して働くのであって、企業の規模とは必ずしも対応しない。また、VTR やパソコンの OS のような固有の規格に依存している

⁵ C や Pascal などの構造型言語でも、プログラムはモジュールに分解されていたが、その内部の関数を相互に参照できるため、一部にバグがあると全体に影響が及び、その保守が困難であった。オブジェクト指向言語では、他のモジュールの内部の関数を直接参照できない構造にしてオブジェクトの自律性を高めた。ウィンドウ・システムのアイコンは、このオブジェクトを視覚化したものである。

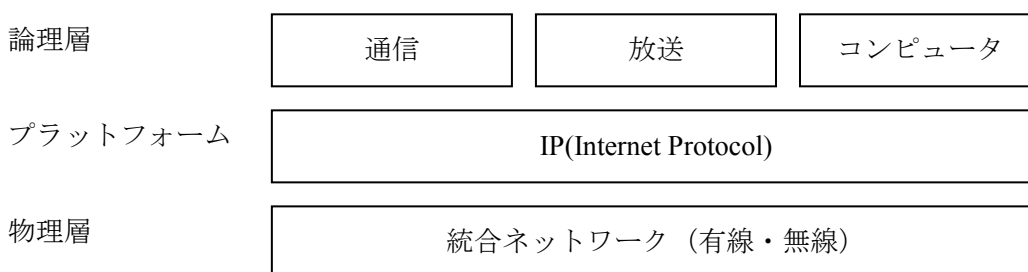
場合には、一つの規格への投資は他の規格では価値がなくなるため、スイッチング・コストは大きいですが、オープン・スタンダードのインターネットのもとでは、スイッチング・コストはほとんどなく、参入・退出の障壁はきわめて低い。

むしろパソコン産業では、ハードウェアとソフトウェアがそれぞれ専門化した企業によって行われる「垂直非統合」(vertical disintegration)が顕著に見られる(Bresnahan-Greenstein 1997)。さらに個々の部品についても同様の傾向が見られ、たとえばハードディスク業界では、かつてコンピュータ・メーカーによって作られていた装置が専門メーカーによって作られるようになり、さらにその内部のディスク、ヘッド、モーターなどの部品ごとに専門メーカーが登場した(Christensen 1995)。

通信産業は、かつては垂直統合型の巨大電話会社によって運営される「自然独占」型の産業と見られてきたが、インターネットはインフラを持たずに通信サービスを行うことを可能にし、この産業構造を根本的に変えた。インターネットで事業を行うドットコム企業には労働集約的で小規模なベンチャー企業で、経理・宣伝などの部門をアウトソースすることによって本社側は開発部門などのコア業務しか持たない「仮想企業」も多い。インターネットが短期間に大きな産業創出効果を持った原因は、このようにインフラ（物理層）をサービス（論理層）からアンバンドルし、標準化したことによって、参入障壁となる特殊投資を減らし、通信の世界に競争的な市場を作り出したことにあるといえよう。

他方、インフラの側では従来の電話/データ/映像の区別がなくなり、すべての情報を IP で送るクウェストやグローバル・クロッシングなどの新しいタイプの通信会社が登場した。こうした「第 3 世代キャリア」の特徴は、基本的に電話交換機を持たず、音声(VoIP)も映像もすべてルータで送ることである。光ファイバーは WDM（波長分割多重）技術の発達によって急速に広帯域化し、コア・ネットワークではテラビット級の帯域が実現しているから、遠からず電話は VoIP に、放送も IP マルチキャストになり、従来の業界の垣根は意味を失うだろう。

図 1



またインターネットには国境はないから、こうしたサービスは最初から「国際通信」であり、事業も非常に資本集約的で、数百億ドル規模の企業買収もしばしば行われる。要す

るに、産業構造の垂直非統合が起こると同時に、論理層では小規模なベンチャー企業による脱統合化(deintegration)が生じる一方、物理層では国境や業界を超えた「国際統合」「業際統合」が起こり、有線・無線を問わずあらゆる情報を運ぶ統合ネットワークが形成されつつあるわけである。この中間に、万国共通のプラットフォームとしての IP サービスを提供する ISP(Internet Service Provider)がある (図 1)。ただ実際の設備には特殊性が高く、中間財の市場が存在しない場合も多いので、垂直非統合の傾向は直線的に進むわけではない。ウィンドウズのように特定の企業への集中が進む場合もあれば、薄膜フィルム・ヘッドのような統合的な技術が主流になると、統合型のディスク装置が有利になる場合もある。こうした産業構造の変化を左右する要因を Christensen(1995:p.445)は次のように整理している：

- ・ 要素技術の変化が激しく、その相互作用に不確実性が大きい場合には、組織を統合して全体を管理することが効率的となる。
- ・ インターフェイスが固定され、要素技術の間の相互作用が小さい場合には、モジュール化・標準化が起こり、垂直非統合が生じる。

これを経済学の用語に翻訳すると、技術（資産）が補完的である場合には垂直統合することによって効率が上がるが、技術が独立であるときには統合すると効率は低下する、という契約理論でよく知られた命題にほぼ対応する(Hart 1995)。この結論は現実には生じている垂直非統合の事実とも一致するが、根本的な問題は、なぜ独立な技術が優位になったのかということである。技術が補完的になるという傾向は Milgrom-Roberts(1992)などによって強調され、日本型の生産管理の効率性の源泉とされた。そこでは暗黙のうちに製造業が知識集約化することによって補完性は単調に増加すると仮定されていたが、情報技術の世界で強まっているのは、逆に補完性を削減して標準化し、要素技術をモジュール化する傾向である。このように技術革新の流れが変わったのはなぜだろうか。

3. リアル・オプション

オプションとモジュール

モジュール化は、新古典派経済学の想定しているような「完備市場」では意味を持たない。そこでは、最初から財空間の中のあらゆる財が譲渡可能(alienable)で、未来の取引にいたるまでのあらゆる条件つき請求権について競争的な市場があると想定されているからである。しかし、このような詳細な条件つきの長期契約が現実にはほとんど見られないことは、契約理論で早くから指摘されてきた。保険やオプションは、このような未来の不確実性を証券化して取引するものであり、理論的には各状態が生じたときに限って1単位の利得をもたらす証券（アロウ証券）を作れば、その線形結合（スパニング）によって市場を

完備にでき、これによって達成される一般均衡はパレート効率的である(Arrow 1964)。一般に状態の数以上の線形独立な証券があれば、それらをスパンして市場を完備にすることができる (Ross 1976)。相対の金融契約においては、条件つき請求権は個別の条項で規定されているが、その権利を条件ごとに分解して譲渡可能な証券に置き換え、あたかもモノであるかのように取引することによって契約の効率性を高めることができるのである。

こうした利点は、金融商品だけではなく、実物的な投資の評価においても重視されるようになった。それが「リアル・オプション」である⁶。これは投資プロジェクトをオプション契約に分解し、金融工学の知見を利用して、その最適な組み合わせを考えるものである。通常の投資理論では、意思決定は期初に1度だけ行われ、あとは機械的に投資が実行され、やりなおしや修正は行われないものと仮定されているが、情報技術のように環境変化の激しい場合には、これではリスクが大きすぎるので、プロジェクトを要素技術にモジュール化し、状況に応じて組み合わせることが多い。これは、将来時点での条件の変化に対して多くのオプションを選べるようにし、より「完備」な契約空間を実現しようとするものとも解釈できる。

オプションにはプット・オプションとコール・オプションがあり、プット・オプションは証券(原資産)を所定の行使価格で売る権利、コール・オプションは買う権利である。たとえば行使価格 $E=2$ のプット・オプションを買えば、持っている証券の価格が1に値下がりした場合には、オプションを行使することによって $2-1=1$ の利益が得られ、2以上に値上がりしたら権利を放棄して原資産を売ればよい(ここではオプション自体の価格は無視する)から、そのペイオフ関数は、原資産の価格を S とすると、

$$F_1(S,E) = \text{Max}[2-S,0]$$

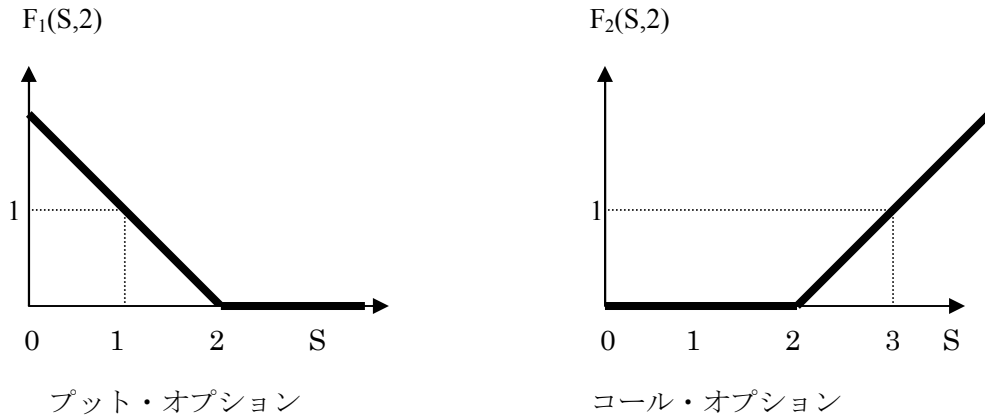
同様にコール・オプションは行使価格で買う権利で、原資産の価格が2以上になればペイオフが正になり、

$$F_2(S,E) = \text{Max}[S-2,0]$$

となるから、オプションのペイオフは図2のように描ける。情報技術において要素技術をモジュール化する意味も、同様に考えることができる。大型コンピュータの時代にはハードウェアとOSが一体化されていたが、IBM-PCではそれがアンバンドルされ、部品が標準的なモジュールとして市場で取引できるようになったためオプションが広がり、効率性が飛躍的に高まったわけである。

⁶ モジュール化をリアル・オプションと見るアイデアは、Baldwin-Clark(2000)に負う。今井(2000)も同様の着想で「プラットフォーム」の意味を論じている。リアル・オプションの詳細については、Trigeorgis(1996)参照。

図 2



ただオプション価値が上がっても、標準的な価値尺度（座標空間）がないとオプションは取引できない。こうした機能を果たす本源的なコーディネーション装置は貨幣である。ここではだれも貨幣を使わない経済（物々交換）と全員が使う経済（貨幣経済）の複数均衡があり、自分の求める財を持っている相手をさがすサーチ・コストが低い場合には物々交換が支配的となるが、財の種類や好みが多様化してサーチ・コストが一定の水準を超すと貨幣が使われるようになり、全員が貨幣経済に移行する(Kiyotaki-Wright 1989)。IBM-PCでは、そのインターフェイスやPC-DOSが事実上の業界標準となり、周辺機器やアプリケーションを相互に比較可能にする価値尺度となった。たとえばアタリ用とアップル用のメモリを同じ基準で比較することはできないが、IBM-PCという共通のプラットフォームの上なら、128MBのメモリ・ボードの価格は国際的に比較可能だから、無名のメーカーでも世界を市場として競争でき、国境を超えた激しい技術革新と価格競争が起こったのである。

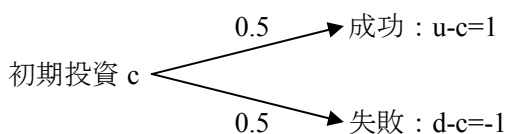
IPも、プロトコルの差異をパケットの中に隠すことによって情報を流通可能にする、貨幣のような役割を果たした。全世界のネットワークが雪崩をうってIPに移行した原因は、技術が多様化し、技術革新が激しくなってサーチ・コストが高くなったためと考えられる。このようにプラットフォームが統一されることによって技術革新はさらに激しくなるから、正のフィードバック・ループが生じ、安定な均衡は全員がローカルに接続しているか全員がIPでグローバルに接続しているかのいずれかだけである。しかも後者は、グローバルに安定した（パレート支配的な）ナッシュ均衡だから、「汎IP化」の傾向は今後も単調に進むと考えられる。

ここで重要なのは、プラットフォームの仕様が公開され、特定の企業や政府に支配されていないことである。モジュール化された技術は数多く存在するが、成功したものはごくわずかである。その成否を決める「プラットフォーム競争」に生き残る一つの要因は、技術革新が最大化されることである。IPやHTMLは、下の階層の情報を隠すことによってアプリケーションの独立性を保証するとともに、上の階層に必要な情報を単純化して公開し、

だれでも自由に「実験」を行うことを可能にした。これによって技術の「変更オプション」の価値が最大化され、大きな投資の誘因となったのである。

モジュール化の利益

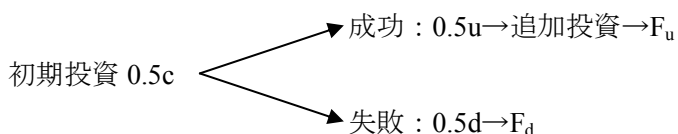
この点をもう少し詳しく見るために、次のような簡単な「2 項モデル」を考えよう。投資 c で事業を行うとき、もし成功すれば第 1 期に売り上げは u になるが、失敗したら d になり、この二つの状態が 0.5 ずつの確率で起こるとすると、考えられる状態とそれに対応するペイオフは次のようになる：



金利を r とすると、このプロジェクトの正味現在価値 V_0 は、

$$V_0 = \frac{0.5(u+d)}{1+r} - c$$

となる。いま u を 4 億円、 d を 2 億円、 c を 3 億円、 r を 10% とすると、 $V_0 = -0.27$ となる。つまり金利分が損失となるので、このプロジェクトは実行すべきではない。しかし、このプロジェクトを二つのモジュールにわければ、プロジェクトの価値を高めることができる。いま第 1 のモジュールだけで事業を開始するコストを $0.5c$ とし、期初に投資を行った後で、第 1 期末に市場の状況を見て残りの半分の追加投資を行うかどうかを決め、その結果は第 1 期の結果にしたがって実現するとしよう。追加投資を行わなければ、実現する売り上げも半分になるとすると、これは残りの投資収益を原資産とする行使価格 $0.5c = 1.5$ のコール・オプションを買うことに相当する。投資が成功する場合、 $0.5(u-c) = 0.5$ だから、追加投資を実施してさらに 0.5 のペイオフを得ることができ、合計 1 を得ることができる。他方、失敗する場合は $0.5(d-c) = -0.5$ だからペイオフは負となるので、追加投資は行わないで、オプションを放棄すればよい。



最終的なペイオフをそれぞれ F_u 、 F_d とすると、

$$F_u = 0.5u + \text{Max}[0.5(u-c), 0] = 2.5$$

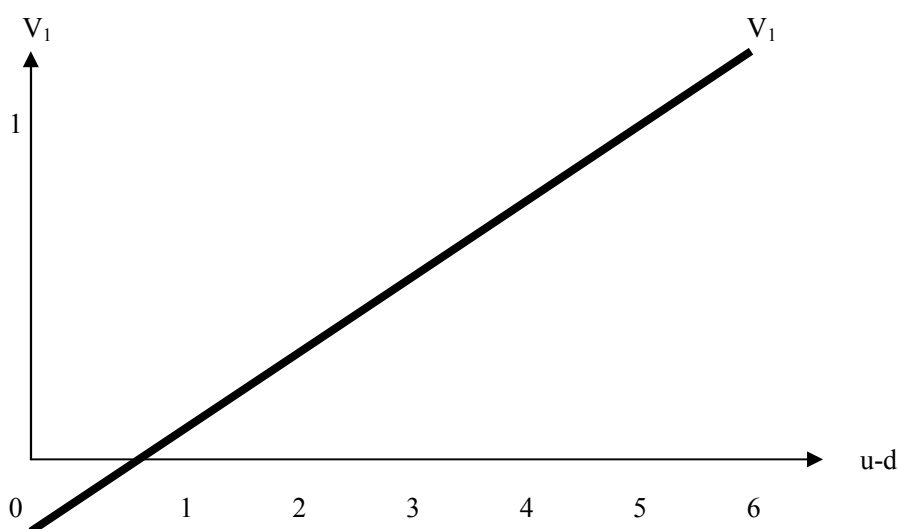
$$F_d = 0.5d + \text{Max}[0.5(d-c), 0] = 1$$

となる。このプロジェクトと同じ収益をもたらす「双子の証券」の価格を $S=3$ 、安全資産の収益率を $r^*=0.05$ とする。このプロジェクトが安全資産と等価になるための成功確率（リスク中立確率）を p^* とすると、 $p^* = \{(1+r^*)S-d\}/(u-d) = 0.58$ だから、このプロジェクトの正味現在価値 V_1 は、

$$V_1 = \frac{p^*F_u + (1-p^*)F_d}{1+r^*} - 0.5c = 0.28$$

となり、このプロジェクトは実行できる⁷。ここでは追加投資を行うかどうかは初期投資の価値に影響を与えないと仮定しているが、一般にはプロジェクトを分割すると、規模の経済や範囲の経済が失われ、各モジュールの価値の合計が元の原資産の価値を下回ることもあるだろう。しかしモジュール化のオプション価値は $0.28+0.27=0.55$ だから、「シナジー」の損失が 5500 万円以下なら分割したほうがよい。

図 3



⁷ このリスク中立確率 p^* は、実際の確率ではなく、安全資産と危険資産の裁定が行われた場合の仮想的な確率である。同様に基準となる「双子の証券」の価格 S も、無裁定条件のもとで原資産と等価になる証券の価格である。

このオプション価値は、不確実性とどういう関係にあるだろうか。ここでプロジェクトの価値の平均値を変えないで分散(u-d)を増やすと、オプション価値 V_1 も上がるのが容易に確かめられ、その関係は、図3のような単調増加関数になる⁸。一般には、Black-Scholes式でも知られているように、オプション価格は原資産の価格の分散（ヴォラティリティ）の増加関数になる。この意味は、直観的にも明らかであろう。コール・オプションは下方リスクを削減する一方で上方への変化には影響しないから、不確実性が大きいほどその価値は高まるのである。技術革新においても、その変化が激しいほど技術を独立したモジュールに分割し、分散投資やアウトソーシングによって技術的な「ポートフォリオ」を組んでリスクをヘッジすることが重要になるわけである。

最適な粒度

このようなモジュール化の利益は、モジュールを細分化するほど大きくなる。モジュールを増やすと、うまく行った場合のペイオフは変わらないが、失敗した場合の損害を小さくできるためである。たとえばコール・オプションのペイオフ関数 $F(S,E)=\text{Max}[S-E,0]$ は、図2のように凸関数だから、同一の原資産をもとにした二つのオプション1、2の行使価格を E_1 、 E_2 とし、それを比率 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) で組み合わせたオプションの行使価格を $E_3 \equiv \lambda E_1 + (1-\lambda)E_2$ とすると、所与の資産価格 S^* のもとでの異なる行使価格のオプションのペイオフは、

$$F(S^*,E_3) \leq \lambda F(S^*,E_1) + (1-\lambda)F(S^*,E_2)$$

となり、二つを組み合わせたオプションの価値はもとのオプションのペイオフの合計以下となる（図4）。

同様に、 $F_i(S,E)=\text{Max}[S-E,0]$ を価格 S の資産 $i(i=1,2,\dots,n)$ についての行使価格 E のオプションのペイオフとし、 n 種類の原資産をそれぞれ比率 λ_i ($\sum \lambda_i=1$) で組み合わせたポートフォリオを $n+1$ とする。各オプションのペイオフを $F_{n+1}(S,E)$ とすると、 $F(S,E)$ の凸性より、

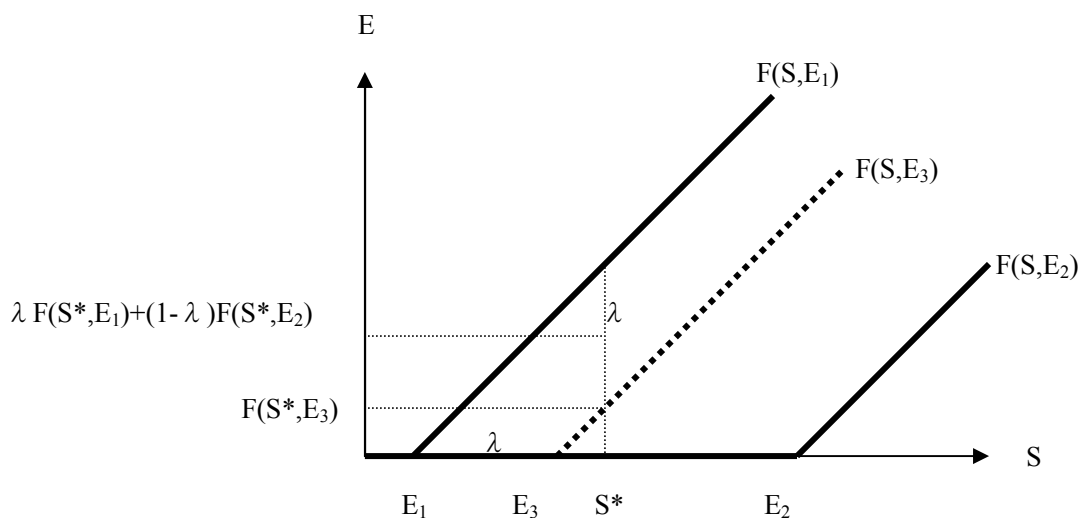
$$F_{n+1}(S,E) \leq \sum_{i=1}^n \lambda_i F_i(S,E)$$

となり、オプションを組み合わせたポートフォリオの価値は、ポートフォリオについてのオプションの価値を上回る(Merton 1973)。したがって、モジュールの数を増やせば増や

⁸ Sullivan et al.(1999)は、ソフトウェアの開発手法にリアル・オプションによる評価を適用し、プロジェクトの不確実性が大きいほどオブジェクト指向型のモジュール化された開発手法が有効であることを示している。

すほどオプション価値は高まるから、無限にモジュールを細分化することが望ましいということになる。

図 4



しかし、この結論は明らかに観察される事実と反する。情報技術が全産業に拡大するにつれて、自動車産業など、従来は統合的だった部門にもモジュール化された製造方式が導入され始めているが、それには限界があり、全産業を見た場合にも顕著に見られる現象とはいえない。つまり、こうしたモジュールをどれだけ細分化するかという粒度(*granularity*)には、何らかの上限（あるいは最適な粒度）があると考えられる。たとえば自動車産業では、工程のモジュール化が大きな話題となっているが、実際にはモジュールは「複合部品」と訳されるように、運転席の計器やギア・ボックスなどかなり大きな部品であり、むしろ要素技術の単位は大きくなっている。

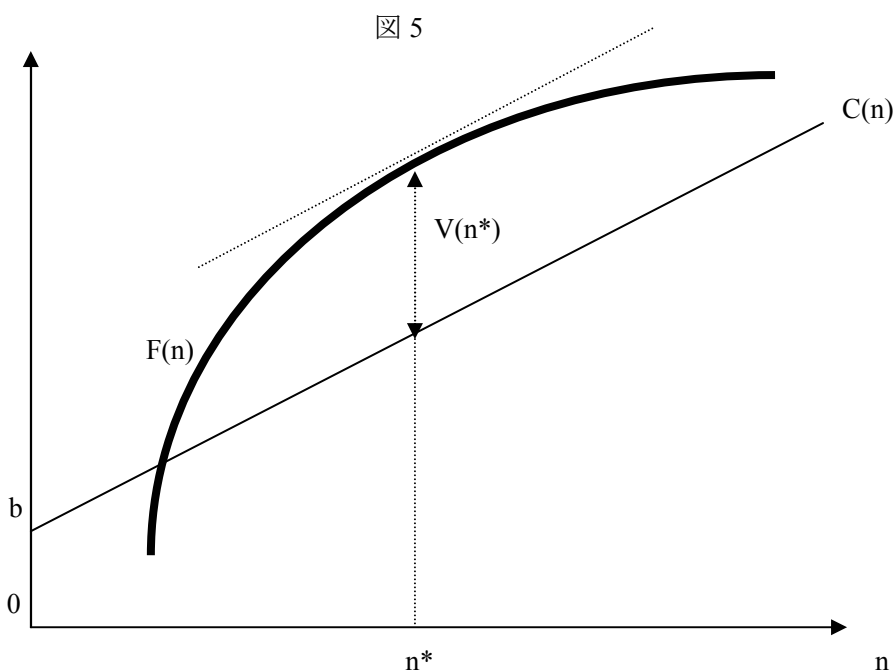
ソフトウェアでも、オブジェクトの数があまり多いと、オブジェクト間のメッセージのやりとりが増えて効率が落ちるため、最近ではウィンドウズの API(Application Programming Interface)に見られるように、オブジェクトの粒度が下がって「汎用化」する傾向が強い。言語のモジュール化が明示的な方針として掲げられている W3C(World Wide Web Consortium)においても、サブセットの粒度やその独立性をどうコントロールするかは重要な議題だが、技術者の経験によって基準が決められ、統一的な尺度があるわけではない。

金融のオプションには、こうした補完性は原理的にないので、無限に分割されてもよさそうである。事実、標準的なオプション理論では、あらゆる条件つき請求権に競争的な価格がつき、裁定の機会がないという仮定のもとづいてオプション価格を計算するが、実際に発行される証券の数は本源的な状態空間の次元に比べてはるかに少ない。

その理由はいくつか考えられるが、第一は手数料などの取引費用である。一定以上の規模の取引でないとオプションを売買することはできないから、明白な規模の経済があり、

これはリアル・オプションでも同様に発生すると考えられる。実際の投資評価でリアル・オプションが使われることがまれなのも、プロジェクトを要素に分解して評価すること自体にもなうコストが大きく、その価値の不確実性が大きいことが最大の要因であろう。

では手数料が無視できる国際金融市場では、あらゆる種類の派生証券が取引されているかという点、現実には限られた種類の標準的な証券に取引が集中し、特に先物やオプションの市場では個別銘柄が売られることは少ない。同じ証券の売り手と買い手を互いに探す情報費用（サーチ・コスト）が大きいとコーディネーションの失敗が生じるため、証券といえども無限に分割することはできないので、流動性の高い証券をバンドルした標準的な指数などが取引の媒体として使われることが多い⁹。



以上の議論を単純化してグラフにすると、図 5 のようになる。オプションのペイオフを $F(n)$ と書くと、上に見たようにモジュールを細分化するほどペイオフは高くなり、また一つの製品をモジュールに分割してゆくと、限界的なペイオフの増加は小さくなるから、図の曲線のように描ける。他方、モジュール化にもなう費用をモジュールの数（粒度） n の関数として $C(n)$ と書き、取引ごとにかかる取引費用 $a(>0)$ と市場の不完備性にもなう情報費用などの固定費用 $b(>0)$ にわけて $C(n)=an+b$ と書くことにすると、正味オプション価

⁹ このような標準的な証券と情報費用の関係については、Allen-Gale(1994)参照。完全競争のもとでの一般均衡においても、中間財に補完性（金銭的外部性）があるときには非効率な資源配分が生じる。このようなコーディネーションの失敗を解決する方法は、補完性をなくすことと補完的な財を市場で取引しないことの二つある(Makowski 1980)。この結論は、情報通信産業において一方で標準化によって補完性が削減され、他方で補完的な財を生産する企業が統合されるという傾向をうまく説明しているように見える（池田 2001）。

値 $V(n)$ は両者の差として

$$V(n) = F(n) - C(n) = F(n) - an - b$$

となるから、 $V(n)$ が最大となるのは、

$$V'(n) = F'(n) - a = 0$$

すなわち $F'(n) = a$ となるような粒度 n^* の時である。つまりモジュールの限界的な価値が 1 単位あたりの分割コスト a と等しいとき、モジュール化の正味オプション価値は最大となる。したがって図 5 のように、取引費用 a が大きくなると n^* も小さくなって粒度は下がる。

4. 産業構造とオプション

リスクの売り手と買い手

通常の投資の場合には、金融商品と違ってオプションを取引する市場は限られているが、インターネットでは規格が標準化されているから、設備の市場性は高い。たとえば LAN やウェブサイトの運営を ISP やデータセンターなどの ASP (Application Service Provider) に委託すれば、自前で運営するよりもコストはかかるが、投資の追加や削減は容易になる。このオプション価値が委託によるコスト増よりも高い場合には、アウトソースすることが望ましい。近年アウトソーシングが増えているのは、技術革新の速度や不確実性が高まり、多様なポートフォリオを柔軟に組み替えることによるオプション価値が高まる一方、インターネットによってその機会費用が下がったためと考えられる。

これは 1970 年代の金融市場の状況と似ている。1973 年の変動為替相場の導入によって為替リスクをヘッジする技術への要求が高まり、それを実物的な資産と分離して取引する為替オプションなどの派生証券が開発され、資産とリスクを別々に売買することによって各々の配分を効率化するしくみが可能になった。同じ年にシカゴにオプションの取引所ができ、Black-Scholes の有名な論文が発表されたことで、リスクの客観的な評価が可能になり、新しい金融商品が爆発的に開発されたが、その中心となったのは自己の勘定で資産を持たず、リスク管理を専門に行う投資銀行であった。

同様にユーザー側から見ると、ISP/ASP を使うことによって技術革新で設備が陳腐化するリスクをヘッジできるから、一種のオプションを買っていると見ることもできる。他方 ISP/ASP 側から見ると、これはユーザーにオプションを売ってリスクを買い、一定のリスク・プレミアムを取る投資銀行のようなビジネスである。この場合も、ISP/ASP 自身が設備投資を行う必要はないが、実際にはオプションを売る業務は「大数の法則」によってリスクを相殺する規模の経済の効果が大きいので、ISP/ASP は大規模化・集約化が進み、コ

モン・キャリアと統合される傾向が強い。結果として、ドットコム企業や一般の法人ユーザーは設備を持たず、コモン・キャリアやISP/ASPは大きな設備を持つ垂直非統合が生じたわけである。

コンピュータ産業の場合、物理的な部品を資産、それをコーディネートするシステムをリスク管理と考えると、デルやゲートウェイのように部品工場を持たないで全世界から部品を調達する「ファブレス」企業も、部品メーカーに生産委託して購買保証を行うことによって、オプションを売ってリスクを買う投資銀行的な業務を行っているといえる。部品業者は逆に組立メーカーからオプションを買ってリスクをヘッジし、結果的に物理的な設備投資を行う部品メーカーと、そのリスクを管理してポートフォリオを組み替えるファブレス企業の分化が生じた。このような分業が競争優位を持つようになったのは、技術革新のスピードがきわめて速くなり、最適な部品を組み合わせる専用のノウハウが必要になったためである。

多くのドットコム企業はベンチャー・キャピタル(VC)から資金を得ているが、これもVC側から見ると、リスクを買っていることになる。しかし、VCもシンディケーションのような方法で多くの企業に分散投資し、一定期間後には撤退するルールによってコミットメントを限定しているから、そのリスクは全体としてはさほど大きくない¹⁰。つまり企業の側もアウトソーシングによって投資をポートフォリオ化する一方、投資家の側も多くの企業をポートフォリオとして持つことによってリスクを最適化しているわけである。

契約のポートフォリオ化

古典的な契約理論では、リスクの問題は「情報の非対称性」として扱われ、リスク中立的なプリンシパルがリスク回避的なエージェントの行動をどのようなインセンティブ契約によってコントロールするかが問題とされた。しかし、この種のモデルは、解きやすい(条件つき最大化問題に帰着できる)問題を解いているにすぎず、実際の企業行動などを説明するうえで大きな成果を上げたとはいえない(Hart-Holmström 1987)。特にエージェントだけがリスク回避的だという仮定(これなしではプリンシパル=エージェント問題は意味がない)は経験的にも疑わしいし、リスクの問題を確率的な期待値の最大化に帰着させるのも一面的である。問題は、そうしたリスクを取引する(完備な)契約が結べないことだからである。

これに対して、1990年代に発展した所有権理論(Hart 1995)では、契約の不完備性を垂直統合などの所有権の移転によって改善するメカニズムが理論の中心となっている。そこでは物的資産の所有者は単独で、その資産は経営のコントロール権(議決権)と不可分と考えられているが、実際には株式は議決権と資産をモジュール化して売買するものであり、

¹⁰ シンディケーションとは、日本のメインバンク・システムによく似た共同で出資してモニターするしくみである(Gompers-Lerner 1999)。しかしVCの出資先との関係は、技術情報の詳細を「カプセル化」しつつ共有する点で、メインバンクより距離を置いたものである(Aoki 2001)。

優先株のように資産だけを売買する証券やワラント（オプションの一種）のように株式を一定価格で買う権利だけを売買する証券もあるなど、現実の証券市場は経済学が想定するよりもはるかに多様である¹¹。

以上のような伝統的な契約理論に対して、金融工学で発展してきたオプションの理論は、いわば契約を「要素契約」にモジュール化して市場で取引することによって不完備性を克服するものである。これは金融契約に限らず、商品先物のように（標準化されていれば）実物的な財についても適用できる。今日、情報技術の世界で起こっている構造変化は、技術革新などのリスクを「証券化」し、ポートフォリオとして柔軟に組み替えるメカニズムと考えることもできる。ここでは契約の不完備性を垂直統合で補う代わりにモジュール型企業が出現し、リスク管理に特化した論理層の企業と物理的な生産に特化した企業との垂直非統合が生じるわけである。このような産業構造が出現した一因は、金融技術や資本市場の発達によって所有権の柔軟な分解・移転が可能になったことに求められるから、産業構造の転換は資本市場の効率性と不可分である。

最近の評判の芳しくない「日本型生産システム」も、リスクを系列企業の中でプールするしくみであり、親会社が一定の部品を買い取る保証を行ってオプションを売る役割を果たしていた。また、メインバンクが大口の取引先に対して負う無限責任に近いコミットメント（劣後的な持分権）は、他の債権者に対してほとんど文字どおりのプット・オプションを売っていたといってもよい。しかし、こうした相対によるリスクの売買は非公式の人的ネットワークに依存しているため、1990年代の日本のように大数の法則で吸収できない巨額の損失が生じると複雑な再交渉が生じ、解決はきわめて困難になる。また、業務が分散してはいるが独立していないため、個々のプロジェクトを捨てて組み替えることがむずかしい¹²。日本企業に必要なのは、ERP(Enterprise Resource Planning)やイントラネットなどによって業務や組織の標準化・モジュール化を進め、企業価値を基準にして所有権を移転する「企業コントロールの市場」を整備することである。

ただ資本市場の効率や労働市場の流動性が高まると、新規参入・退出が容易になって利潤の源泉も失われるおそれがある。かつては先行した企業の「ひとり勝ち」の弊害が論じられたが、いま問題となりつつあるのは、むしろレントの源泉となる市場の不完全性をなくすことによって生じる過少投資である。あらゆる生産要素が譲渡可能で設備が可塑的な新古典派の世界には固定的な資本という概念はなく、すべての中間財が市場で調達可能になれば、競争優位はすぐ失われる。いいかえれば、企業において資本設備とバンドルされていた技術革新などの「成長オプション」がインターネットによって物理的な資産とアン

¹¹ 所有権理論を所有と経営の分離や「ステイクホルダー」に拡張する試みや、多様な金融商品を説明する理論もあるが、まだ一般的な結果は得られていない(Tirole 2001)。

¹² モジュール化の前提としては、個々のモジュールが独立し、互いに交換可能になっている必要がある。特定の代替不可能な部品がボトルネックになると、全体の効率が大きく低下することは、Simon(1962)以来、指摘されてきた(本書第3章)。これに対して日本の製造業では、逆に個々の部品を細かくカスタマイズして代替不可能にすることによって相互のコミットメントを深めるメカニズムが機能している(池田1997)。

バンドルされると、資産は急速に「商品化」(commoditize)して投資の対象としての魅力を失うのである。逆に情報を固有規格にバンドルして顧客向けに細かくカスタマイズする「日本的取引慣行」は、オープン・スタンダードのもとでは、顧客とベンダーをともに非効率な技術に閉じ込める結果になる。

ドットコム企業の大部分は利益を出していないから、その正味現在価値は負であり、伝統的な投資理論で考えれば、こうした企業の存在価値はない。しかし最近の金融工学が教えているのは、企業の価値は利益の積分としての正味現在価値には帰着できないということである。たとえば製薬業界では、新薬開発プロジェクトの正味現在価値はほぼゼロだといわれるが、薬の開発をやめるべきだということにはならないだろう(Amram-Kulatilaka 1998:p.163)。その価値を低下させる主要な原因は、平均開発期間が14年と長く、成功率が低いことにあり、特定の薬に限れば収益率は非常に高い。したがって、開発リスクを適切に評価し、成果の上まらないプロジェクトは途中で打ち切るなどの「撤退オプション」を利用すれば、正の価値を生むことができる。

同様にオプション価値を評価すれば、利益の上まらないドットコム企業の価値もさほど悲観するにはあたらぬ。NASDAQ指数であらわされるような集計的な割引現在価値が低下しているのは、投機的な資金が流出しているため、インターネットの産業としての将来性(成長オプション)は大きい。その普及率は全世界では5%程度であり、技術革新も成熟していないからである。この場合の価値の源泉は物理的な資産ではなく、新しいビジネスを開拓し技術革新をになう人的資源だから、インターネット時代においては、優秀な人材が集まることによって生じる「知識の外部性」が企業の競争優位にとって大きな意味を持つ(Rajan-Zingales 2000)。

5. 結び

情報通信産業全体が垂直非統合され、論理層が脱統合化される一方、物理層では国境や業界を超えて統合される傾向は、インターネットの登場以後、ほぼ単調に進行しているが、この流れはどこまで続くのだろうか。Christensen(1995)によれば、部品産業で垂直非統合化が一方的に進まない原因は、第一に製品の特性として補完性が強まること、第二に特定の規格で支配的な地位を得たメーカーがその優位を他の部品にも及ぼそうとすることだが、インターネットではこれらの要因はきわめて働きにくくなっている。第3節で見たように、この動きは全世界でIPがサポートされるまで安定しないから、携帯電話からゲーム機まで、あらゆる機器がIPでつながれ、"Everything over IP, IP over Everything"に向かうことは確実である。これはドルや英語が世界言語になりつつあるのと似ているが、通信の世界には国境による違いがないから、この「汎IP化」の傾向はもっと広い範囲に及ぶと予想される。21世紀は、世界の多様な人々が(それとは意識せずに)IPというデジタル共通言語で通信を行う時代になるかもしれない。

この前例は、1970年代から国際金融市場で生じた産業構造の変化に求めることができる。そこでは金融工学の発達によって預金や保険の機能も派生証券で複製可能になったため、伝統的な銀行・証券・保険という業界の垣根が意味を失って統合的なサービスが出現する一方、決済機能・金融仲介機能・リスク変換機能を垂直統合する伝統的な金融機関が衰退し、各階層に特化した新しい企業が参入した。上の階層ほど「ブティック型」と呼ばれる専門企業で、下の階層の決済機関は巨大なコンピュータ・ネットワークを必要とする設備産業である。また金融技術革新そのものが情報技術の発達によって初めて可能になったという意味でも、金融と情報技術は密接な関係を持っている（本書第6章参照）。これは偶然ではない。ほんらい貨幣は実物経済と貨幣経済をアンバンドルし、取引を価格（数値）の交換に帰着させる機能を持っているからである。

銀行と証券の境界がなくなったとき、多くの銀行は「総合金融機関」をめざし、1986年の英国の「ビッグバン」のあと、英国の銀行はこぞって証券業に進出したが失敗に終わり、シティの証券会社はすべて外資系になった。この歴史が教えているのは、預金を預かるリスク負担機能と、証券を発行・仲介する情報生産機能には「範囲の経済」はないということである。特に証券が市場化され、財務諸表が電子的に公開されて、財務情報の非対称性が小さくなると、両者を同一の企業が行うことによる利益はほとんどなくなる（堀内1996:p.56）。それどころかリスクを最小化する商業銀行とリスクを取ってリターンを最大化する投資銀行の目的関数は逆であり、行動様式も対照的だから、両者を兼営することはどちらにとってもマイナスになることが多い。

こうした定型的な事実も、情報通信政策にも重要な示唆を含む。1984年の日米円ドル委員会以来、日本の大蔵省と銀行・証券業界は既得権益の調整に最大のエネルギーを傾け、「垣根問題」に多大な時間を費やした結果、産業構造の転換に立ち遅れ、業界全体が壊滅的な打撃をこうむった。現在の情報通信業界で、NTTグループがデータ放送に出資したといっちは業界が騒ぎ、NHKの子会社が国際回線をリセールしたといっちは行政が介入する現在の状況は、十数年前の金融業界を思わせる。こうした「越境」は通信と放送の境界が消滅したことの当然の帰結であり、行政が利害調整して新規参入を阻むことは、国境・業界を超えた「大競争」を阻害して業界全体の競争力を低下させるだけである。垂直非統合型の産業構造では、単純な規模の経済や範囲の経済は働かないから、巨大企業が越境することは、既存の業界秩序を破壊する意味で好ましい。ただし既存企業の覇権が特定の階層における不可欠設備などの独占に依存している場合には、それを開放して競争を促進する手立てが必要である。

要するに、水平の業界の垣根を守る「垣根行政」から階層ごとの競争を促進する「階層型行政」に転換する必要がある。といっても、これは行政が個別分野に介入してアンバンドル規制を行うことを必ずしも意味しない。本稿でみたように、インターネットは産業を垂直非統合し、競争を促進する効果を持つが、これは業界の競争可能性(contestability)を増して利潤の維持を困難にするので、現在の放送業界にみられるように、既存企業はIP化を

拒むことが多い。したがって、インターネットへの移行を進めることが最も強力な競争促進政策だといえよう（池田 2001b）。インターネットの引き起こす競争の激化や情報費用の低下によって最終的に利益を得るのは、株主ではなく消費者なのである。

参考文献

- Allen, F. and Gale, D. (1994) *Financial Innovation and Risk Sharing*, MIT Press.
- Amram, M. and Kulatilaka, N. (1999) *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press.
- Aoki, M. (2001) *Towards a Comparative Institutional Analysis*, MIT Press (in press).
- Arrow, K.J. (1964) "The Role of Securities in the Optimal Allocation of Risk-Bearing", *Review of Economic Studies*, 31:91-6.
- Baldwin, C. and Clark, K.(2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, MIT Press.
- Bresnahan, T. and Greenstein, S. (1997) "Technological Competition and the Structure of the Computer Industry", <http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp97028.html>.
- Christensen, C.M. (1995) "The Drivers of Vertical Disintegration", in his *Innovation and the General Manager*, Irwin.
- Ghemawat, P. and Ghadat, F. (2000) "The Dubious Logic of Global Megamergers", *Harvard Business Review*, July-August, <http://www.hbsp.harvard.edu/products/hbr/julaug00/R00405.html>.
- Gompers, P.A. and Lerner, J. (1999) *The Venture Capital Cycle*, MIT Press.
- Hart, O. (1995) *Firms, Contracts, and Financial Structure*, Oxford University Press.
- and Holmström, B. (1987) "The Theory of Contracts", in Bewley, T.F.(ed.), *Advances in Economic Theory: Fifth World Congress*, Cambridge University Press.
- Kiyotaki, N. and Wright, R. (1989) "On Money as a Medium of Exchange", *Journal of Political Economy*, 97:927-54.
- Leiner, B.M., Cerf, V.G., Clark, D.D., Kahn, R.E., Kleinrock, L., Lynch, D.C., Postel, J., Roberts, L.G., and Wolf, S.(2000) "A Brief History of the Internet", <http://www.isoc.org/internet/history/brief.html>.
- Makowski, L. (1980) "Perfect Competition, the Profit Criterion and the Organization of Economic Activity", *Journal of Economic Theory*, 22:222-42.
- Merton, R.C. (1973) "Theory of Rational Option Pricing", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4:141-83.
- Milgrom, P. and Roberts, J. (1992) *Economics, Organization and Management*, Prentice-Hall.
- Rajan, R.G. and Zingales, L. (2000) "The Governance of the New Enterprise" in Vives, X. (ed.) *Corporate Governance : Theoretical and Empirical Perspectives*, Cambridge University Press. <http://gsblgz.uchicago.edu/PSPapers/newcorp.htm>.
- Saltzer, J.H., Reed, D.P., and Clark, D.D. (1981) "End-to-End Arguments in System Design",

<http://web.mit.edu/Saltzer/www/publications/endoend/endoend.pdf>

Sullivan, K.J., Chalasani,P., Jha, S. and Sazawal, V.(1999) “Software Design as an Investment Activity: A Real Options Perspective”, in Trigeorgis, L. (ed.) *Real Options and Business Strategy*, Risk Books. <http://citeseer.nj.nec.com/105485.html>.

Tirole, J. (2001) “Corporate Governance”, *Econometrica*, 69:1-36.

Trigeorgis, L. (1996) *Real Options: Managing Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press.

池田信夫(1997)『情報通信革命と日本企業』NTT 出版

同(2001a)「デジタル化・モジュール化・カプセル化」(尾高編『IT 革命と組織革新』有斐閣)

同(2001b)「情報通信産業の構造変化と競争政策」(後藤編『IT 革命と競争政策』東洋経済)

今井賢一(2000)「産業組織のダイナミクス」(岡田他編『現代経済学の潮流 2000』東洋経済新報社)

堀内昭義編著(1996)『金融の情報通信革命』東洋経済新報社