

Discussion Paper #00-DOJ-99
経済メカニズムとしてのインターネット

池田 信夫

2000年2月

通商産業研究所 Discussion Paper Series は、通商産業省における研究成果等を取りまとめ、所内での論議に用いるとともに、関係の方々から御意見を頂くために作成するものである。この Discussion Paper Series の内容は、研究上の試論であって、最終的な研究成果ではないので、著者の許可なく、引用または複写することは差し控えられたい。また、ここに記された意見は、著者個人のものであって、通商産業省または著者が属する組織の見解ではない。

要旨

インターネットは、情報通信の世界のみならず、経済システムの構造そのものに影響を与えつつある。第一に、それはさまざまな通信プロトコルを標準的な IP パケットに「カプセル化」することによって、国境を超えて情報を流通させる分散的なメカニズムを実現した。第二に、それは物理的な設備からアプリケーションを「アンバンドル」することによって、情報通信産業を階層分化させた。

こうした変化は 1970 年代後半から起こった金融の技術革新と同様、情報技術を多様化し、選択できる状態空間の次元を拡大して市場を「完備化」する機能を果たしている。それには状態空間そのものが正規化される必要があるが、インターネットでは IETF などの非営利の標準化機関がそのような役割を果たした。これは、仮想空間においては残余コントロール権を消費者に与えることによって効率が高まることを示唆している。

Abstract

The Internet has a profound impact on the governance structure of economic systems. Firstly, it realized a decentralized mechanism to coordinate information globally by the *encapsulation* of various communication protocols into standardized IP packets. Secondly, *unbundling* applications from physical facilities, it stratified information and communication industries into two layers.

These phenomena have predecessors in the Financial Revolution in the 1970s. As the financial derivatives enlarged the state spaces of financial markets, the Internet enlarged the cyberspace globally. It is realized by the non-profit organizations such as IETF, because NPOs allocate the residual control rights of communication networks to their users.

経済メカニズムとしてのインターネット

池田信夫¹

国際大学グローバル・コミュニケーション・センター助教授
通商産業研究所特別研究官

1 . 定型化された事実	4
1.1. ネットワークの分散化と技術のカプセル化	
1.2. 情報通信産業の階層分化	
2 . 仮想空間の経済分析	7
2.1. 所有権と補完性	
2.2. 市場の不完備性とカプセル化	
2.3. カプセルの粒度	
3 . 非営利組織の役割	15
3.1. 公共財としての技術標準	
3.2. 消費者主権システムとしてのインターネット	
4 . 結び	19
参考文献	20

¹奥野(藤原)正寛、池尾和人、柳川範之の各氏と東京大学、コロンビア大学、一橋大学、国際大学 GLOCOM における研究会の参加者およびレフェリーからの有益なコメントに感謝したい。

Time 誌は、この 1000 年間の最大のニュースとして、15 世紀のグーテンベルクによる活版印刷の開発を選んだ。活字はすべての情報を標準化して組み合わせ、時間的・空間的な制約を超えて流通可能にすることによって個人の情報収集・生産力を飛躍的に高め、近代社会の技術的な基盤となったからである。とりわけ聖書が印刷されて一般信徒に入手可能になったことは、写本の稀少性に依存していたカトリック教会の知的独占を崩壊させ、宗教改革の最大の武器となった。ルネサンスや科学革命も、活字の普及による広範な知識の拡大と知的に自立した市民の存在なしには不可能であった。しかし活字には紙という物理的な媒体が不可欠であり、それは出版という事業を可能にする一方で情報の流通を制約していた。

今、インターネットはメディアの世界にグーテンベルク以来の変化をもたらそうとしている。それは文字だけではなく映像・音声・データなどのあらゆる情報を物理的な媒体に依存しない電子的な情報として全世界に瞬時に流通させ、国境や文化や制度の違いを超えた普遍言語になろうとしているのである。この変化は電子商取引によって通信販売が増えるといった外延的なものにとどまらず、かつての宗教改革や科学革命に匹敵するような社会の根本的な変化をもたらすかもしれない。以下では、第 1 節で最近のインターネットをめぐる動きの中で見られる定型化された事実を整理し、これを分析した既存の研究を簡単に展望した上で、第 2 節ではそれを経済学の枠組の中でどう概念化するかについて論じ、第 3 節ではインターネットが非営利で運営されている意味を明らかにする。

1. 定型化された事実

1.1. ネットワークの分散化と技術のカプセル化

厳密にいうと、「インターネット」というネットワークはどこにも存在しない。それは TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)という共通のプロトコルによって世界中のネットワークを結ぶ「相互接続」(internetworking)という概念の略称にすぎないのである。このプロトコルは TCP と IP という二つの部分からなっているが、重要なのはデータを運ぶパケットの形式を規定する IP である (TCP はパケットが確実に届くように制御するプロトコルであって、必須ではない)。これはパケットの属性や宛て先 (IP 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、このヘッダが読めればデータそのものの形式は何でもよい。従来の通信網では、データ形式が特定のハードウェアの通信手順に依存していたのに対して、IP においてはデータは通信手順を指示するヘッダと切り離され、標準化されたパケットの中にカプセル化(encapsulate)されているのが特徴である (池田 1997)。

このように通信手順を個々のパケットで指示するしくみをとったことで、IP はそのパケ

ットを読む限りどんなハードウェアとでも接続できる普遍性を実現したが、ネットワーク全体の制御はむずかしくなった。従来の回線交換型のネットワークでは、中央の電話交換機で送信側から受信側への「コネクション」を張ってデータが最後まで送り届けられるため、通信がとぎれることはまれだが、TCP/IP は個々のパケットを確実に送り届けるだけでネットワーク全体は制御できない。このため、通信量の増加にともなって混雑が深刻化し、最後にはインターネット全体がダウンする破局的な事態に至ると予想する人は少なかつたが、今のところインターネットにおいて大規模なシステム・ダウンは起こらず、混雑の問題もさほど深刻にはなっていない。

その一つの要因は、光通信技術の発達によってネットワークの帯域が飛躍的に広がったことである。かつて通信量に対して帯域が絶対的に不足していた時代には、中央の電話交換機で稀少な帯域を割り当てる intelligent network が必要だったが、今日ではバックボーンにおいては、WDM（波長分割多重）技術の急速な発達によって 1 本の光ファイバーで最大 6.4 テラビット/秒（電話 1 億回線分）もの情報を送れるようになった。他方、パソコンの処理能力はかつての大型コンピュータを上回るようになったから、ネットワーク全体の通信量を制御する必要がなくなれば、個々の信号の宛て先をユーザー側のルータ（経路制御に特化したパソコン）で制御する stupid network で十分である(Isenberg 1997)。

半導体の性能が 18 ヶ月で 2 倍になるという「ムーアの法則」はよく知られているが、光ファイバーでは、帯域は 6 ヶ月で 2 倍になるという「ギルダールの法則」が提唱されている。こうしたネットワークの広帯域化にともなって、インターネットはデータのみならず、音声・映像などのあらゆる情報を IP のパケットに変換し、社会全体をデジタル化しようとしている。音声のような連続した信号は、従来は電話交換機によって最初から最後まで連続して送り届ける必要があったが、インターネット電話(VoIP)ではパケットはみずから宛て先を決めて流れるので、集権的なコーディネーション装置は必要ない。さらに放送も IP に統合されれば、放送局のようなマス・メディアを介さずに情報の生産と流通が国境を超えて自律分散的に行なわれるようになる。

この意味で、インターネットは情報流通の「中抜き」(disintermediation)をもたらしたといえることができる。これは 1970 年代から金融の世界でオプション、先物などの派生証券(derivatives)が登場するのにともなって伝統的な金融機関の中抜きが進行したのと本質的に同じ現象である。派生証券は複雑な金融契約を要素ごとにカプセル化して自由に組み合わせることを可能にし、銀行による集権的なリスク管理を不要にした。しかし仲介機関がなくなったわけではない。みずからリスクを負う伝統的な仲介機関に代わって、資産のコントロール権を消費者にゆだねる投資信託のような分散型の仲介機関が登場したのである。通信の世界でも、すべての通信をコントロールする電話会社に代わってユーザーを補助する ISP(Internet Service Provider)が登場した。

1.2. 情報通信産業の階層分化

こうした技術革新によって、データのみならず音声（電話）や映像（放送）まですべて IP で送る「統合 IP ネットワーク」が可能になった。インターネットは、プロトコルの面ではあらゆる通信手順をすべて統合する役割を果たしているのである。これに対応して、電話交換機を持たず、ルータと光ファイバーだけで通信を行なう「IP キャリア」がアメリカでは多数あらわれている。こうした物理層に属する企業は、AT&T をはるかに上回る容量の光ファイバーを持つ Qwest や、全世界を結ぶ国際回線を敷設している Global Crossing など、きわめて資本集約的である。² また、これに対抗して在来の通信業者も企業買収によって大規模化を進めている。

他方、WWW 上のサービスを行なうソフトウェア企業などのアプリケーション層では、回線などの設備はほとんど持たず、労働集約的で小規模な企業が多く、脱統合化 (deintegration) が進行している。情報通信産業では「収穫逦増」のために「ひとり勝ち」が起こるなどという俗説があるが、インターネット上のビジネスはきわめて競争的である。たとえば WWW によるコンパクト・ディスクの通信販売では、初期には CDNOW が最大のシェアを持っていたが、Amazon.com が CD の通信販売を始めると、すぐにトップの座を奪われてしまった。インターネットでは基本的にすべての技術はオープンだから、新しいアイディアはホームページさえ作ればすぐに模倣でき、独占によるレントを維持することはきわめて困難なのである。したがって資本収益率という点では、インターネットが有望な市場かどうかはわからない。少なくとも、現在の「ネット株」の価格は過大評価であるおそれが強い。

両者の中間には、ISP のようなプラットフォーム層がある。しかし、厳密な意味でのプラットフォームである IP は公開技術であり、それ自体で利潤を得ることは不可能だから、この層もくわしく見ると、キャリアに近い「スーパー ISP」(UUNET、PSINET など) と、自前の回線を持たずサービスを売るサイト (AOL、Geocities など) に二極分化している。また、物理層の中でも国際回線やバックボーンを売る卸売り業者と、その回線をリセールする業者に分化し、後者はサービス業に近づいている。またアプリケーション層も検索エンジンのような「ポータル」型のサイトとコンテンツを売る Broadcast.com のようなサイトに分化している。

同様の傾向は、コンピュータ産業にも見られる。ここでは、DOS (のちにウィンドウズ) という共通のプラットフォームの上でアプリケーションは細分化されてシリコン・バレーのベンチャー企業が主役となる一方、CPU やメモリは巨額の設備投資を必要とするため、インテルをはじめとするごく少数の大企業による寡占化の傾向が強まった。要するに通信

² ただし物理層における規模の経済は、通信についての規制のもたらした市場の歪みに起因する面もあり、必ずしも「自然独占」とはいえない。最近では、通信の標準的なモジュール (T-1 など) を標準化して商品市場で売買する試み (Enron Communications など) もあらわれている。

産業全体が上下の層とそれらをつなぐ層の 3 層に分化して、それぞれの中でもさらに入れ子状に階層分化し、下の層では統合、上の層では脱統合化という両極化が起こっているのである。

これは、本質的には新しい現象ではない。古くは、知識が活字というプラットフォームによって標準化され、著者 出版社 印刷会社という 3 層構造が成立した。同様のアンバンドリングは、情報通信産業よりも先に金融業で見られ、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する一方、それらの機能はアンバンドルされて各階層に特化した新しい企業が参入した。決済機能はカード会社やリテール・バンクのような巨大な資本を必要とする装置産業になり、仲介機能は投資銀行のような国際的なホールセール業務に特化した中規模の企業となり、変換機能は金融工学を駆使して新しい金融商品を開発する小規模なソフトウェア業に特化した。以上をまとめると、次の表のようになるう：

表

	コンピュータ	通信	金融
アプリケーション層	ソフトウェア・メーカー	WWW サイト	変換（派生証券など）
プラットフォーム層	マイクロソフト	ISP	仲介（投資銀行など）
物理層	ハードウェア・メーカー	コモン・キャリア	決済（カード会社など）

以上のような事実は、経験的には明らかだが、学問的に検証されたわけではなく、理論的な裏づけがあるわけでもない。全世界規模の巨大な通信ネットワークを集権的な制御なしに自律分散的にコーディネートしているメカニズムは何か、これに代わりうるもっと効率的なメカニズムはないのか、そして情報通信産業の構造変化とネットワークの構造変化の間にはどのような関係があるのか こうした問題は通信の専門家にもよくわかっていない。そのメカニズムを明らかにすることは、分権的な意思決定システムを研究対象とする経済学者の仕事であろう。

2 . 仮想空間の経済分析

このような現象が経済学的な分析の対象になっていない一因は、技術革新があまりにも急速で、高度に専門的な知識を要求するためであろうが、もう一つはこうした技術的な問題は生産関数の内側にあり、伝統的な経済学の領分には入っていないとする伝統的な考え方であろう。しかし、このような態度は、かつて日本の製造業の勃興を不公正な貿易や安

価な労働力などの「経済的」要因だけで説明しようとした誤りをくり返すことになりかねない。今日では、その本質的な原因は生産関数の外側に見える問題ではなく、企業組織や生産管理における革新であったことが明らかになっている。

そして今、情報技術の革新にともなって台頭してきたシリコン・バレーを中心とする新しい企業システムが経済学の重要なテーマとなりつつある。Aoki(1998)は、企業組織を「階層分化型」「情報同化型」「情報カプセル化」の3種類に分類し、シリコン・バレーのベンチャー・キャピタルと企業の間を従来の垂直統合型企業とも日本型の情報共有システムとも根本的に異なる第三の類型ととらえ、カプセル化の概念がそのメカニズムの核にあると論じている。

このような技術構造の変化は、狭義の情報通信産業を超えて製造業全体に影響を与えつつある。自動車産業においても、部品の電子化や調達国際化にともなって部品のモジュール化が進み、部品メーカーの交渉力が相対的に強まっている(藤本ほか 1999)。自動車においては、このような方式による成果はまだ必ずしも上がっていないが、「日本型生産方式」がもっとも適しているとされる自動車産業においてこのような変化が生じていることは、日本経済全体の競争力にもかかわる問題として注目に値する。

2.1. 所有権と補完性

Brynjolfsson(1994)は、不完備契約理論を応用して、情報産業に関する実証研究で検証された企業の脱統合化の傾向(Brynjolfsson et al. 1994)を説明した。今日の企業理論の標準となっている所有権アプローチ(Hart-Moore 1990)によれば、契約が不完備で特殊投資がある場合、複数の企業の持つ資産の性質と効率的な所有形態の間には次のような関係がある：

- ・ 独立な資産は、別の企業が所有することが効率的である。
- ・ 補完的な資産は、いずれかが統合することが効率的である。
- ・ 資産を統合する場合は、不可欠な人的資本を持つ側が統合することが効率的である。³

不可欠な知識が「職人」的な技能として人的資本に一体化されている限り、それは

た知識がソフトウェアなどの「情報資産」として譲渡可能(alienable)になり、独立な資産になると、それらを統合して所有することは非効率となる。独立な資産を統合しても統合した側の生産性は上がらないのに対して、統合された側のインセンティブは低下し、過少投資が生じるからである。したがって資産の独立性の高いアプリケーション層では、

³ ある資産を持つ企業が他の企業の資産を統合しても産出量が変わらない場合、これらの資産は独立であるといい、逆に複数の資産を統合していなければ生産ができない場合、補完的であるという。また、ある人なしには生産ができないとき、その人的資本は不可欠であるという。

大企業よりもベンチャー企業のほうが高い生産性を上げることができ、結果として企業の脱統合が進む。

他方、物理層は装置産業であり、ネットワーク化によって相互接続が必要になると、その一部だけを所有していても効率が上がらない。特に電話回線では、異なる電話会社の間で接続料をめぐる事後的な再交渉によって設備投資の利益が搾取されるおそれが強いため、過少投資が生じる。このように一部だけを持っていても生産できない補完的な資産は、いずれかの当事者がすべて統合することによって過少投資を回避することが重要であり、企業買収による垂直統合が効率的となるわけである。

この結論は前述の定型的な事実と一致するが、より根本的な問題は、技術がなぜ今、上の層では独立に、そして下の層では補完的になっている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、実際に情報技術の世界で 1980 年代を境に起こっているのは、補完性を削減して標準化し、要素技術をカプセル化する技術革新である。

Brynjolfsson(1994)はその原因を、知識が情報資産として人的資本から分離されて譲渡可能になって可能な所有権配分のフロンティアが拡大することに求めた。たとえば、ある加工技術が職人の腕に依存している場合には、彼は生産にとって不可欠な人的資本だから、彼が資産を統合して所有する以外の形態は効率的とはならない。⁴これに対して、その知識がエキスパート・システムのような形で譲渡可能になれば、職人の知識は不可欠ではなくなるから、知識をソフトウェアとして売ることも効率的であり、またそれを買った企業が職人を雇用することも効率的となる。これによって生産可能フロンティアが広がり、より最善（完備契約）に近い状態を実現できるわけである。

こうした補完性と効率性の関係は、一般均衡理論でも論じられてきた。Makowski(1980)は、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とを示した。たとえばボルトとナットのように、一方がなければ他方に価値がないような中間財を生産するとき、ばらばらの口径の部品が製造されると、ボルトもナットも生産されない「協調の失敗」も均衡となるが、なんらかの手段によって口径を標準化すれば、全員の状態が改善できる。したがって中間財に補完性がある場合には、競争的均衡の効率性という「厚生経済学の第一定理」は必ずしも成立せず、補完性の程度に応じてパレート・ランクされた複数均衡が存在する。

ここで本質的な仮定は、市場参加者が有限だということである。もしもすべてのありうる種類の間接財に無限の消費者がいれば、連続的に分布する口径のボルトとナットが効率的に生産される。また存在しない財への需要は市場で顕示されない（消費可能集合の境界で効用関数が不連続に変化する）という仮定も必要である(Hart 1980)。これは自明のよう

⁴ここでは職人には資金制約がないと仮定しているが、資金制約がある場合には債券の発行などによって残余コントロール権の一部を第三者に移転することが望ましい場合がある(Aghion-Bolton 1992)。

だが、通常の一般均衡理論では、存在しない財への需要もせり人に対して「叫ぶ」ことができるから、協調の失敗は生じない。Allen-Gale(1994)は金融理論にこのモデルを拡張し、こうしたコーディネーションの問題が株式や債券などの「標準証券」の存在する理由だとしている。ここで決定的な条件は、新しい未知の金融商品のリスクについての情報を得るための情報費用（サーチ・コスト）が必要だという点である。新しい証券への需要を知るための情報費用が大きいと、不完備性があっても証券が発行できず、証券が市場に出ない限り需要は顕示されない……という協調の失敗が起こるのである。

市場メカニズムには協調の失敗を補正する機能はないから、市場全体についての情報が欠如している（またはサーチ・コストが禁止的に高い）場合には、協調の失敗した状態で需要曲線が「屈折」して局所的に最適化されてしまう。このような現象は、いわゆる新ケインズ経済学でいろいろな理由づけを与えられたが、⁵重要なのは利得がそれぞれ最高および最低となる二つのナッシュ均衡がいずれも漸近的に安定になる複数均衡が生じるということである(Milgrom-Roberts 1990)。このような協調の失敗は、何らかのコーディネーション装置によってパレート改善できるが、その装置は新ケインズ派が示唆したように政府である必要はない。Makowski(1980)も指摘するように、この問題を解決する方法は原理的に二つある：

- ・ 補完性をなくす：すべての中間財について、それと組み合わせることのできる財が無限にあれば、競争的均衡は効率的となる。
- ・ 補完的な財を市場で取引しない：補完的な中間財の生産をすべて一つの企業が垂直統合すれば、非効率な競争的均衡を回避できる。

前者は、あらゆる状態におけるすべての財について競争的な市場が成立しているという意味での完備市場に対応し、これは通常の一般均衡理論の結論と同じである。後者は、前にのべた Hart-Moore(1990)の結論と実質的に同一である。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。すなわち情報技術の複雑性（補完性）が増すにつれて、協調の失敗による非効率性の影響が大きくなり、それを克服するために一方では企業買収によって補完性にともなう交渉問題を減らし、他方では技術のカプセル化によって補完性そのものをなくすという対照的な方法がとられ、産業構造が二極化すると解釈することができる。

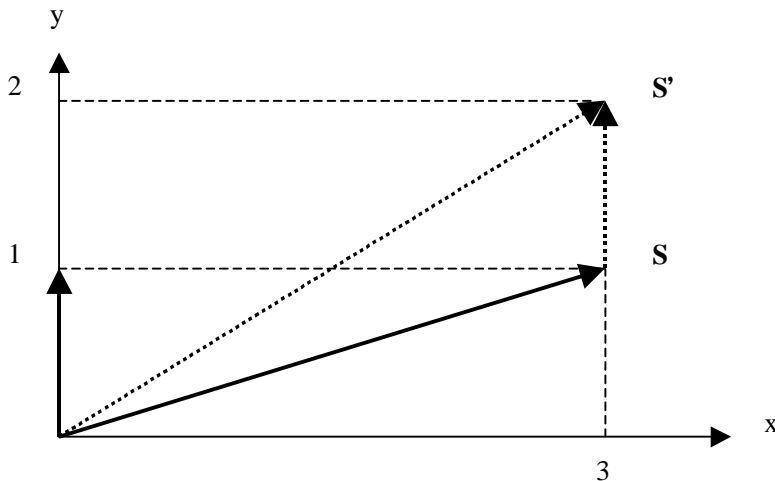
⁵ Cooper-John(1988)は、効率賃金仮説、サーチ・コスト、集計需要外部性などの「ケインズ的」な現象が補完性の概念で統一的に説明できることを示した。

2.2. 市場の不完備性とカプセル化

もちろん実際には、状態空間はほとんど無限次元であるのに対して取引できる証券（条件つき請求権）は限られているから、厳密に完備な市場は存在しえない。したがって、いかにして市場を完備に近づけるかが問題となるが、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を作れば、その線形結合（スパンニング）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)。一般的には、状態の数以上の線形独立⁶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。

その理由は、簡単な例で次の図のようにあらわすことができる。いま二つの状態 x, y に対して一つの証券があり、その価格は x, y が発生したときそれぞれ (3,1) であるとする、この証券を買うことで実現できる利得は図のベクトル S の延長上に限られる。このように状態の数よりも証券の数が少ないと市場は不完備となり、パレート効率的なリスクの配分はそれが偶然この延長上にある特殊な場合を除いて 実現できない。

図



ここで状態 y が起こったときだけ利得 1 をもたらすオプション（行使価格 2 のプット・

⁶ 線形独立とは、あるベクトルが他のベクトルの線形結合としてあらわせない（空間座標の中で他のベクトルと同じ平面上にない）ことをいう。

オプション)⁷を導入してみよう。これは y 軸上のベクトル(0,1)としてあらわされ、これと組み合わせると、図のように元の証券よりもリスクの小さい資産 $S'(3,2)$ を作ることができる。同様に、どの証券も無限に分割でき、空売り（負の方向のベクトルに対応する）もできるとすると、 n 次元空間の任意の点は n 個の線形独立な証券があれば実現できるから、市場は完備となり、パレート効率的なリスクの配分が達成できる。新たに加える証券はオプションに限らず、線形独立（元の資産で複製できない）であればよく、たとえば安全資産(1,1)でもよい。重要なのは、それぞれが自己完結的なカプセルとして市場で取引でき、その線形結合によって状態空間をスパンできることである。

情報技術において要素技術をカプセル化する意味も、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ため、IBM 用のアプリケーションを使うには IBM のマシンを買うしかなかったが、IBM-PC では CPU と OS が市販され、周辺機器のインターフェイスが公開されたため、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。このため多様な部品が全世界で生産されるようになって財空間は多次元に広がり、効率性が飛躍的に高まったのである。公式標準によくあるように既存技術のインターフェイスをそろえるだけでは、同じ機能の製品が複数できる（同一空間内のスパンニングの範囲が広がる）だけで財の次元は増えず、本質的な効率は向上しない。

これは契約理論的に考えると、相対で行なわれていた部品供給契約が標準的な要素に分解され、中間財が譲渡可能になった結果と考えることができる。契約が不完備な場合には、当事者の人的資本に依存する特殊投資がある限り、交渉問題による過少投資を避けることはできないが、特殊投資をなくして標準的な部品を調達すれば「最善」の状態が実現できる。⁸ただ、これによって特定の用途に適した部品を使うことはできなくなるから、生産の効率は低下する。カプセル化が進展した一因は、情報技術の複雑性が大きくなって交渉問題の影響が深刻になる一方、急速な技術革新によって個別に最適化するよりも全世界に市場を求めたほうが効率が高くなったためである。

インターネットも技術を要素に分解することによって、通信の世界でかつてなかった自由な技術革新を可能にした。複雑な通信プロトコルが IP パケットにカプセル化され、設備との依存関係が断ち切られたため、従来は電話会社の中でしかできなかった通信技術の開発が独立のメーカーにも可能になり、そのコーディネーションも市場で行なえるようになった。IP は狭義の通信効率という点では必ずしも最善のプロトコルではないが、それは「電話会社の許可なしの技術革新」(Isenberg 1997)を可能にし、電話の誕生以来 100 年間よりもはるかに大きな進歩を数年のうちに実現したのである。インターネットが通信の世界にも

⁷ プット・オプションとは、証券を所定の行使価格で売る権利。行使価格が 2 の場合には、 x が実現したら権利を放棄するから利得は 0 だが、 y が実現したら行使価格と市場価格の差 1 を得ることができる（ここではオプションそのものの価格は無視している）。

⁸ 特殊投資があっても基準財が標準化されていれば、オプション契約で再交渉の条件を規定することによって最善の契約を執行できる (Noerdeke-Schmidt 1995)。

たらした革命的な影響の最大の原因は、静学的な効率性というよりもこうした自由度の拡大をもたらした爆発的な技術革新にあった。

2.3. カプセルの粒度

このようにカプセル化の便益が明らかなら、なぜそれはすべての財で起こらないのだろうか？通常の財では、それは物理的な特性に制約されている。たとえばコップを「カプセル」に分解して茶碗と組み合わせる技術は、可能ではあっても無意味だろう。無限に分割できる金融商品とは違って、普通の財には完成度(integrity)の制約によって分割不可能な最小単位があるからである。情報技術においては複雑性がきわめて高いから部品をモジュールに分解する余地も大きい、それも一定の設計の中で組み合わせなければ機能しないから、部品の粒度(granularity)には技術的な下限がある。ソフトウェアでも、大規模なプログラムを共同で開発するときには一定の機能をまとめてカプセル化したオブジェクトを組み合わせて書くことが多い。一般には、その粒度が大きいほど保守が楽で流通性も高いが、オブジェクトの内部は変更できないため技術的な最適性は犠牲になる。⁹

商用ソフトウェアでは、この二律背反を避けるために必要のない部品もすべて入れた巨大なパッケージを作ることが多い。たとえばマイクロソフト・オフィスの全機能を使う人はまずいないだろうが、個々の用途に最適化して特定の機能だけを組み合わせたソフトウェアを作ると流通性が低くなって価格はかえって高くなるから、むだな機能まで入れた巨大なパッケージになっているのである。これは「アンディ・グローブが与えると、ビル・ゲイツが奪う」といわれるように、計算機資源の価格が大幅に低下したため、個別に最適化するよりも最大限の機能を実装し、資源を浪費することによってコーディネーション(人的資源)のコストを節約していると考えられることができる。

さらに根本的な違いは、情報には金融商品におけるドルのような共通の価値尺度がないことである。¹⁰したがって市場を完備化するには、状態空間を正規化するための座標空間が必要になる。貨幣はこの意味での座標の一種だが、情報技術でその役割を果たしているのがデジタル信号(ビット列)である。ただ従来の企業通信網では、そのデータ構造は特定のメーカーのハードウェアに依存していたが、インターネットはデータをIPのパケットにカプセル化することによってこの依存性(補完性)を断ち切り、全世界で共通の仮想空間(cyberspace)を実現したのである。

インターネットに対して、それが音声や映像のような連続的な信号には向いていないという批判がしばしば聞かれる。たしかにアナログの情報をいったんデジタル信号に符号

⁹ オブジェクト指向プログラミングでは、アルゴリズムとデータを一体として独立のオブジェクトにカプセル化するが、これによって自由度は下がり、オブジェクト間のメッセージが増えて実行速度は落ちるので、一定規模以上のプログラムでないと効果は出ない(Brooks 1995, pp.219-22)。

¹⁰ もちろん金融商品においても事前にはリスクの評価は標準化できないが、事後的には確定する。情報技術の場合には、事後的にも評価の尺度が多元的である。

化して送って受信側でアナログ信号に復号化するしくみは冗長(redundant)であり、遅れや切断など品質の低下を招くことは事実である。しかし、これは貨幣が市場にとって冗長なのと同じである。情報費用のない Arrow-Debreu の世界では貨幣は余計な $n+1$ 番目の財にすぎないが、現実の世界では貨幣なしで価格をつけることは不可能である。それは価値尺度を統一して異なる財の線形結合を可能にし、取引の基礎となる完備な財空間を成立させているからである。同様に IP は、それ自体は冗長だが、すべてのデジタル情報のインターネットワーキングを可能して全世界に流通させ、一つの仮想空間を作り出して多様なコンテンツの自由な組み合わせを可能にした。通信の品質の問題は今後、ギガビット級の帯域が利用可能になれば、実用上ほとんど問題なくなるだろう。IP も、帯域(資源)を浪費することによってコーディネーションを最小化する技術なのである。

しかし金融市場でも、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。それは前述のような情報費用(コーディネーション費用)の存在のためにあらゆる状態に対応する証券を発行することが不可能で、指数オプションなどの流通性の高い証券によってリスクが「標準化」されるためである(Allen-Gale 1994)。もちろん厳密に言えば指数によって個々の証券のリスクは複製できないからヘッジの精度は犠牲になるが、素性のわからない特殊なオプションを買うよりも実際には安全である。ただ市場が広がって特殊な派生証券が市場で十分流通し、その価格や商品性についての情報が行きわたれば、より細分化された証券が発行されるようになると考えられる。

事実、為替が変動相場制に移行した 1973 年、シカゴにオプション取引所が開設され、Black-Scholes がオプション価格の決定理論を発表したのをきっかけとして金融工学の爆発的な技術革新が起こり、きわめて多様な金融商品が開発された。これは金融のオンライン化と国際化、とりわけ変動為替相場におけるリスクを管理するための需要が拡大するとともに、金融商品の理論価格についての情報が行きわたって価格のリスクが減少したためである。Black-Scholes モデルの驚異的な成功の原因も、そのモデルがすぐれていたためだけではなく、これによって決まる理論価格が多く市場参加者が取引する際の「焦点」(focal point)となって協調の失敗を防いだことにある。

同様に情報技術においても、データの粒度はコーディネーション費用が下がるにつれて小さくなると考えられる。従来の通信網では、データは全体で一体として中央集権的に管理されて送受信されていたが、1993 年、NCSA モザイクによって WWW が一般のユーザーにも利用可能になったことで全世界的な情報の流通が可能になり、ネットワークが世界規模に広がると、データは IP のパケットに細分化され、WWW 上に多様なサービスが生まれた。それは、顧客ベースが全体で数億人に広がったために非常に専門的な情報の提供もビジネスとして成り立つようになったからである。またプラットフォームが共有され、情報費用が劇的に下がったことによってアプリケーションの粒度も下がり、Java で書かれた小さなアプレットを使って電子商取引などのサービスが行なわれるようになった。

3．非営利組織の役割

3.1. 公共財としての技術標準

標準化の利益がコーディネーション費用よりも大きい場合には、それが社会的に望ましいことは明らかだが、標準化のためのコーディネーション費用は個々の企業が負担するのに対して、その便益は全市場参加者に分散するから、技術標準は一種の公共財の性格を持つ。したがって、つねに自社の技術を「事実上の標準」にして標準化の利益を独占しようというインセンティブが生じる。大型機の時代には、IBM はハードウェアと OS を統合し、OS を著作権によって守ることによって標準化の利益を独占することができた。1970 年代になって日立や富士通などの互換機メーカーが OS とハードウェアをアンバンドルしようすると、通商交渉や「産業スパイ事件」など司法・警察まで動員して、互換機メーカーを徹底的にたたき戦略を取った。これは技術開発に対する投資を独占利潤によって回収するという「株主価値の最大化」の基準からは合理的な行動であり、IBM は最盛期には 1 社でコンピュータ業界全体の利益の 90% をあげるという成功を収めた。

しかし、このように過剰な統合が行なわれると、過少な標準化が生じ、新規参入が阻害されて経済全体から見ると効率性はそこなわれる。事実、IBM の大型機には 1964 年に発表された「システム/360」以来、ほとんど本質的な技術革新が見られなかった。これに対して 1981 年に発表された IBM-PC は、短時間で開発するためハードウェアの仕様を公開し、CPU や OS などの主要な部品を外注するという異例の方針がとられたため IBM の意図に反して オープン・アーキテクチャが結果的に実現し、互換機の出現とともに急速な技術革新が起こった。

この失敗を挽回しようと、IBM は 1986 年、独自アーキテクチャ(MCA)に依存した OS/2 を発表した。マイクロソフト・ウィンドウズは互換機でも使える AT バスを採用し、DOS の正統の後継者である OS/2 を圧倒してしまった。多くのソフトウェアや周辺機器のメーカーが OS/2 ではなくウィンドウズを採用した原因は、その仕様が公開されているため開発が容易で、ハードウェアとアンバンドルされているため「純正」に対するハンディキャップがないことであった。しかしウィンドウズ 3.1 によって独占的な地位を確立した後、マイクロソフトはブラウザなどあらゆるモジュールを OS にバンドルして「第二の IBM」となり始めた。私企業が標準を独占する限り、このような機会主義的な行動のリスクは避けられない。

コンピュータ・ネットワークにおいても、企業通信網やパソコン通信では、多くのプロトコルが分立する状態がながく続いていた。これを国際的な統一規格で標準化しようという OSI(Open Systems Interconnection)を制定するための協議が ISO で続けられてきたが、事実上の標準である SNA による統一を主張する IBM と、それに反対する他のメーカーとの対立の調整がつかず、20 年以上たった今も実現していない。

3.2. 合意による標準

これに対してインターネットは、1970年代にTCP/IPの仕様が完成して全世界の大学・研究機関に採用されるようになった。このように早く標準化が進んだ理由は、第一にインターネットがOSIのように通信の全階層を標準化するものではなく、ハードウェアとソフトウェアのインターフェースの層だけを規定するきわめて単純な構造になっていたからだが、¹¹第二に、それがIETF(Internet Engineering Task Force)という非営利組織(NPO)によって作られたオープン・スタンダードであることが重要である。社会全体から見て標準化の利益がその費用よりも大きいにもかかわらず、私企業に還元される利益が費用を下回る場合には、これまで二つの解決策がとられてきた：

- ・ 公式標準(de jure standard)：標準を政府が設定する。
- ・ 事実上の標準(de facto standard)：標準を所有権（知的財産権）で守り、独占の利益を守る。

前者はISOやJISなどの政府による標準化の考え方だが、これは情報技術のように複雑で技術革新が速い場合には、利害調整に時間がかかってコーディネーション費用が大きいため、最近では事実上の標準に主力が移行しつつある。しかしIBMやマイクロソフトの例にも見られるように、この方式では標準を設定する企業が技術を垂直統合して利益をすべて吸い上げるインセンティブを持つから、結果として内部仕様が公開されない過少な標準化が生じ、社会的に非効率な状態をもたらすおそれが強い。

インターネットは、このいずれでもないNPOで標準化を行なうことによって、官僚機構のコーディネーション費用を避けながら私企業の搾取も防ぐ、合意による標準(de consensu standard)¹²という新しい方式を生み出した。これは非営利の機関が標準を設定するという意味では、広義の公式標準の一種と考えられなくもないが、その標準化方式は政府とはまったく異なるものである。IETFやW3C(World Wide Web Consortium)のメンバーはISOのように政府を代表してもいないし、そこで決まった規格が何らかの法的拘束力を持つわけでもない。その合意形成の鍵となっているのは、「関心による淘汰」ともいうべきメカニズムである。たとえばW3Cのワーキング・グループでは多数決による採決はほとんど行なわれず、徹底的に討議して異議が出なければすぐ正式文書にし、毎週おこなわれる電話会議に2回続けて正当な理由なく欠席したメンバーは除名される。毎日、数十通の電子メールで行われる議論について行けない者は去って行き、「動くコード」を作れるメンバーだけが残るのである。このような「進化的」なしくみによって、インターネットにおけ

¹¹ OSIでは物理層（第1層）からアプリケーション層（第7層）までの7層を規定しているが、このうちIPは第3層（ネットワーク層）、TCPは第4層（トランスポート層）を規定するものである。

¹² この言葉は公文俊平による。

る標準化のスピードはきわめて速く、しかもその仕様はすべて公開されるから、私的な標準よりもはるかに広く普及する。

しかし、このような NPO における標準化を支えているインセンティブ・メカニズムは、ボランティアという言葉が連想させるほど牧歌的なものではない。第一に、言語にどのような要求仕様を反映させるかは企業の利害にかかわる問題であり、その仕様策定に関与することによって自社に有利な標準化を進めることができる。第二に、言語仕様は公開されても、それを実装するソフトウェアは独自に開発する必要があるから、開発過程からソフトウェアに実装することによって他社よりも早く製品を開発できる。W3C で決まった正式の勧告は公開されるが、途中の作業はメンバー以外には非公開だから、このリードタイムは大きい。ネットワーク外部性のきわめて大きい技術においては、オープン・スタンダードによって参入を奨励する戦略が合理的となる(Economides 1995)。プラットフォーム層においては標準化による社会的な便益が大きいいため、コーディネーション費用を共同で負担すればネットワークの規模が飛躍的に拡大し、それによって全員が利益を得ることができるのである。

3.2. 消費者主権システムとしてのインターネット

最近、日本では企業は株主のものだという原則論が強調されることが多いが、企業は株主(shareholder)だけではなく労働者や債権者などの利害関係者(stakeholder)によって構成される組織であり、株式会社のような「生産者所有企業」の効率性は自明ではない(Hansmann 1996)。株主の利益を最大化するために労働者が恣意的に解雇されるような企業においては、労働者は企業をやめるときに回収できない人的な「特殊投資」をしなくなるであろう。一般的にいえば、もっとも多くの特殊投資を必要とする利害関係者に残余コントロール権を配分することが望ましい。そしてネットワークのような公共性の高い財においては、ユーザー（ISP を含む）も利害関係者の一つである。

新古典派の想定するように市場メカニズムが「消費者主権」であるためには、消費者の欲する財がすべて市場で競争的に供給され、それを入手するための特殊投資が必要ないという条件が必要である。消費のために事前の投資を必要としない場合には、気に入らない商品は買わなければよいのだから、最終決定権は消費者にあり、企業が株主価値を最大化する行動と消費者との利害対立は生じない。しかし電力や通信のような「自然独占」の性格の強い生活必需品については、消費者にも特殊投資が発生するから、ネットワークへの投資は埋没費用となり、企業（株主）と消費者の間に交渉問題が発生する。所有権理論でよく知られているように、ネットワークのコントロール権が全面的に企業に握られていると、消費者がネットワークに投資してから独占企業が価格を引き上げても抵抗できないから、消費者の側の過少投資が生じる。このような場合には、消費者協同組合や NPO によって消費者にコントロール権を与えるほうが株式会社よりも望ましいことがある。事実、

米国には発電送電組合(G&T)のような消費者協同組合方式で経営される電力会社もあり、公益企業に対する政府規制も株主価値の最大化がそれ以外の利害関係者の権利を侵害することを防ぐ意味がある。

しかし同一の資産について利害の異なる複数の所有者がともにコントロール権を持つ共同所有権は、往々にして最悪の所有形態となる。それは、全員が拒否権を持つことによって交渉問題を最大化するからである(Hart 1995)。株主と労働者の共同所有権ともいえる「日本型」の企業は、両者にとって最善の結果をもたらす長期的関係が維持されている限り、きわめて効率的な(最善の)結果をもたらすが、環境変化が激しくなって裏切りの利益が大きくなると深刻な交渉問題を引き起こす(Baker et al. 1998)。したがって私企業がコントロールする部分と非営利でコントロールする部分をアンバンドルする必要がある。ネットワークにおいては、UNIX や TCP/IP が 30 年近い寿命を持つことからわかるように、インターフェイス定義は技術革新とは独立であり、マイクロソフトのようにインターフェイスを頻繁に「革新」することは非効率である。したがってアプリケーションの内容については企業にゆだねる一方、プラットフォームについては消費者の利害を代表する NPO が管理することが望ましい。

インターネットが大きな成功を収めた一因は、IP の仕様を NPO が決めることによって消費者に主権を与える stupid network となり、ユーザーのネットワークへの投資を最大化したことにある。そこで開発された技術には企業の利潤を守るための「知的財産権」は設定されず、ソース・コードまですべて開放されるから、無限に複製可能な自由財となり、特殊投資そのものが発生しない。このように形式を統一することによって顧客ベースは従来の独占的なネットワークよりもはるかに大きくなり、結果的には新しいビジネスが成長して経済全体がパレート改善されたのである。これは、特許権や著作権のような所有権によって供給側のインセンティブだけを強く保護する制度がネットワーク時代には適していないことを示唆する。

しかし株主の側から見れば、コントロール権ををふたたび独占して利潤を得ようという動きが出てくるのは自然である。とりわけインターネットが今後、映像や音声まで統合した広帯域ネットワークに発展するときのプラットフォームが焦点となりつつある。アメリカでは、AT&T が TCI や MediaOne などのケーブルテレビ局を次々に買収し、マイクロソフトと提携してケーブル・モデムを使った統合 IP サービスを展開しようとしているが、そのプラットフォームになるのは@Home という TCI 傘下の ISP であり、ユーザーはそれ以外の ISP を選択することができない。これは事実上、インターネットを私的に独占して他の ISP を差別するものだとして AOL などの ISP やインターネットのコミュニティは批判を強めている：

この[AT&T の]ビジョンの問題点は、それがインターネットではないということである。結果として、それはインターネットほど成功しないだろう。垂直統合モデルは、ケーブルテレ

比局には設備投資のよいインセンティブを提供するが、第三者が革新的なアプリケーションやサービスを開発する余地はほとんどなくなるのである。(Werbach 1999)

ネットワークが巨大企業によって垂直統合され、企業別に分割されると、結果的にはユーザーの選択肢が制約され、インターネットそのものが衰退するおそれもある。ただ、このような囲い込み型のネットワークは、結果的には顧客ベースをみずから狭め、ビジネスとしても失敗に終わるであろう。それは 90 年代前半に数多く試みられたビデオ・オン・デマンドなどの「マルチメディア」事業の教訓である。

4. 結び

情報のデジタル化がもたらした最大の変化は、それによって情報が均質なビット列に分解され、自由に組み合わせられるようになったことであろう。ただ大型コンピュータの時代には、それはまだ物理的なハードウェアと一体化されていたため、自由度は限定されていた。パソコンはデジタル情報をハードウェアからアンバンドルし、インターネットはさらにそれを IP パケットにカプセル化して、デジタル革命の真の可能性を実現した。IP は、かつて貨幣が異なる地域の商品を交換可能にしてさや取りを可能にしたように、情報の世界を均質化してレントの大きい産業への新規参入を容易にし、既得権者をおびやかしはじめている。歴史が何かの導きになるとすれば、金融のグローバル化と証券化によって伝統的な商業銀行が没落したのと同じ運命を電話会社や放送局がたどることは不可避であろう。それに抵抗して既得権益を守ろうとすることがどんな悲惨な結果をもたらすかも日本の金融機関が教えてくれる。

インターネットは、さらに進化をとげている。ソフトウェアも、かつてはゴシック教会の大聖堂のように高い完成度（補完性）を要求され、垂直統合型の組織で集権的に開発しなければならなかったが、インターネットの発達によって情報の流通範囲が広がると、個々の機能をオブジェクトに分解し、メーリング・リストなどで連絡をとりながら開発する「バザール」方式によって Linux のようなオープンソース・ソフトウェアが作られるようになった(Raymond 1997)。

ハードウェアの世界でも、デスクトップ・コンピュータを中心とする「パーソナル・コンピューティング」の時代は終わり、分散型の「ネットワーク・コンピューティング」に移行しつつある。「ギルダールの法則」が正しいとすれば、光ファイバーの通信速度はコンピュータの処理速度をはるかに上回り、ほとんどの処理がネットワークで行なわれるようになる。そのときインターネットは全メディアを吸収し、さまざまな「情報家電」を通じて生活のすみずみまで入りこみ、私たちをとりまく環境の一部となる。

ただし、この変化はまだ始まったばかりであり、今の段階でその行方を予測するのは早計である。WWW が世の中に知られるようになってからわずか 5 年、日本のインターネッ

ト普及率はまだ 10%そこそこだというのに、われわれの生活はもうインターネットなしでは考えられない。そしてこれから起こる変化は、これまでよりもはるかに大きいものとなるろう。われわれは、もしかするとグーテンベルク以来の 500 年に 1 度ぐらいの歴史的な変化の序幕を見ているのかもしれない。だとすれば、経済学がこの変化を学問的にとらえることは、それが次の時代に学問として生き残るために不可欠の作業であろう。

参考文献

- Aghion, P. and Bolton, P. (1992) “An Incomplete Contracts Approach to Financial Contracting”, *Review of Economic Studies*, 59:473-94.
- Allen, F. and Gale, D. (1994) *Financial Innovation and Risk Sharing*, MIT Press.
- Aoki, M. (1998) “An Information Theoretic Approach to Comparative Corporate Governance”, <http://www-econ.stanford.edu/faculty/workp/swp99004.html>
- Arrow, K.J. (1964) “The Role of Securities in the Optimal Allocation of Risk-Bearing”, *Review of Economic Studies*, 31:91-96.
- Baker, G., Gibbons, R. and Murphy, K.J. (1998) “Relational Contracts and the Theory of the Firm”, http://papers.ssrn.com/paper.taf?ABSTRACT_ID=2211
- Brooks, F.P. (1995) *The Mythical Man-Month*, Addison-Wesley.
- Brynjolfsson, E. (1994) “Information Assets, Technology, and Organization”, *Management Science*, 40: 1645-62, <http://ccs.mit.edu/CCSWP126.html>
- , Malone, T.W., Gurbaxani, V. and Kambil, A. (1994) “Does Information Technology Lead to Smaller Firms?”, *Management Science*, 40: 1628-44, <http://ccs.mit.edu/CCSWP123.html>
- Cooper, R. and John, A. (1988) “Coordinating Coordination Failures”, *Quarterly Journal of Economics*, 103:441-63.
- Economides, N. (1995) “Network Externalities, Complementarities, and Invitation to Enter”, *European Journal of Political Economy*, <http://edgar.stern.nyu.edu/network/ejpe95ab.html>
- Hansmann, H. (1996) *The Ownership of Enterprise*, Harvard University Press.
- Hart, O. (1980) “Perfect Competition and Optimal Product Differentiation”, *Journal of Economic Theory*, 22:279-312.
- (1995) *Firms, Contracts, and Financial Structure*, Oxford University Press.
- and Moore, J. (1990) “Property Rights and the Nature of the Firm”, *Journal of Political Economy*, 98:1119-58.
- Isenberg, D. (1997) “Rise of the Stupid Network”, <http://www.isen.com/>
- Makowski, L. (1980) “Perfect Competition, the Profit Criterion and the Organization of Economic Activity”, *Journal of Economic Theory*, 22:222-42.

- Noerdeke, G. and Schmidt, K. (1995) "Option Contracts and Renegotiation", *Rand Journal of Economics*, 26:163-79.
- Milgrom, P. and Roberts, J. (1990) "Rationalizability, Learning, and Equilibrium in Games with Strategic Complementarities", *Econometrica*, 58:1255-77.
- (1992) *Economics, Organization and Management*, Prentice-Hall.
- Raymond, E. (1997) "Cathedral and Bazaar", <http://www.tuxedo.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/>
- Ross, S.A. (1976) "Option and Efficiency", *Quarterly Journal of Economics*, 90:75-89.
- Werbach, K. (1999) "The Architecture of Internet 2.0", <http://www.edventure.com/release1/cable.html>
- 池田信夫(1997) 『情報通信革命と日本企業』 NTT 出版
- 藤本隆弘・武石彰・延岡健太郎(1999) 「自動車産業の世界的再編：規模こそ全て？」『ビジネスレビュー』 近刊