

モジュールとインターフェース， あるいはネットワークの効用

——取引コストの視点からのモジュールの構造分析——

末 松 千 尋

I は じ め に

1 本研究の問題意識

製品／部品構造，生産・設計プロセス，組織や産業における分業など，システムにおけるモジュール型構造の採用が，複雑性に対応する重要な施策の一つとして注目されている。従来の日本型の特徴とされるインテグラル型（モジュール構造をとらない）と対比され，日本の競争源泉の所在の基本的枠組を議論するものであり，場合によっては大きな変革をも不可欠とする。これについては賛否両論の論争がなされているが，しかしながら，モジュールとは何かについては，いまだ決め手となる定説はない（國領ほか [2003]）。「全てのシステムは，ある程度（to some extent），モジュールである」（Schilling [2000]）というように，定義は不明確なままであり，どこまでがモジュールで，どこからがモジュールでないのか，その「程度」を測定できる客観的基準は存在しない。①「モジュール内では相互依存し，モジュール間では独立していること」（Baldwin & Clark [2000]），②「インターフェースを共有し半自律的に機能すること」の二つが最も一般的に引用される定義であるが，「依存性」「独立性」「半自律的」は，あくまで「相対的に（relatively）」である。

例えば，モジュール型構造は，日本企業，特に製品全体の統合性が不可欠な自動車産業には不適當であるという主張がなされるが，ボルト，ナット，ユー

ティリティという社会的に標準化された部材を使用しないということはありません。あるいは、タイヤ、バッテリーを始めとして、エンジン、車体など、モジュール化が、「ある程度」進んでいることは明らかである。さらに組織はどうだろうか。最も原初的な機能別組織は、それぞれがインターフェースを共有し半自律的に機能するモジュール群とは呼べないだろうか。Simon [1996] は、複雑な情報を処理するために、階層構造というインターフェースが必要であることを指摘しているが、その卑近な例として、あらゆる個人にとって業務を効率化する上で不可欠なファイリング・システムは、共通のインターフェースにより分類された、情報のモジュール構造をとっているとはいえないだろうか。科学的なアプローチをとる限り、複雑な事象は共通のルールで細分化されていくはずであり、このような事例は事欠かない。インテグラル型のメリットとしてあげられる非言語的なコミュニケーション、例えば以心伝心、暗黙の了解などは、長年の年月をかけて構築されたインターフェースであり、そのインターフェースを共有することにより、相互が半自律的に行動することを可能としている。

本論文の目的は、これらの疑問に説明を与えるモデルを提示し、モジュールの実態解明にわずかでも迫ることにある。

2. 本論文のアプローチ

モジュールの定義としての「共通のインターフェースの保持」については異論がないものと思われるが、本論文では、このインターフェースに焦点を当てモジュールを解析していく。そして「モジュール化の程度」「モジュール化の効用と費用」「モジュール化のあり方（だれが、いつ、どのように進めるべきか）」などについて、概念的な枠組を提示しようとする。本論文の対象とする範囲は、人工物 (Artifacts)、製品／部品構造、市場取引／マネジメント・システム、組織の分業、情報処理である。通常、一企業における社員は、製品、顧客、地域、機能などの軸（インターフェース）で分類される様々な組織モ

ジュール(委員会やプロジェクトを含む)に属しており,モジュールの観点からとらえるよりも,インターフェースの観点からとらえた方が,実態に近い。これは,主体¹⁾が自律性を持つ限りは,多くの場合に当てはまる。

II インターフェースとモジュール

1 インターフェースの定義

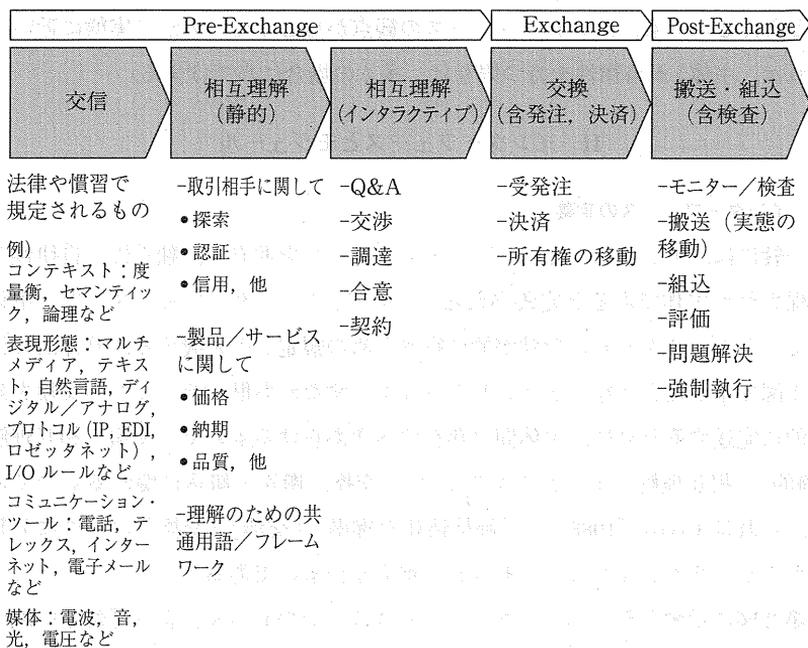
一般には,モジュールとは,インターフェースを共有し,独立性,自律性が確保された主体であると定義される。ここで,“インターフェース”を,主体間で「トランザクションを効率的に行うための規定」と定義する。具体的には,第1図で示したような,トランザクション,すなわち財やサービスの交換を効率的に完遂するために,主体間に存在すべきあらゆるもので,交信,相互理解(静的),相互理解(インタラクティブ),交換,搬送・組込に関わるものである。これは Coase [1988] が「価格情報の獲得」「交渉」「交換」の三つに分類したトランザクションのプロセスを,補完したものである。

第2図に示すように,インターフェースは,そのレベルにより「新しい取引関係の開発」「新しい取引の開発」「継続的取引」の三層に大別される。順に,メタ・レベル,基本レベルの取引関係を規定するものである。スポット取引などにおいて,メタ・トランザクションの規定の開発を避けることは,短期的にはコスト削減につながるが,非確実性要素の扱いを放棄し,将来的なコスト要因を残すことになる。

インターフェースの多くはルールであり,インターフェースはルールでなければならないとする定義もあるが,慣習法のように慣習により規定される場合もありえ,それでもモジュールが半自律的に機能するには,なんら問題はない。ここで規定とは,同意され共有され遵守されるべきものであり,明示的に表現

1) “主体”とは,最低限の自律性を有する個人または個体を意味する。本論文の結論からいえば,主体がインターフェースを持てば“モジュール”となる。従って,インターフェースを議論する本文中では,モジュールではなく主体という用語に統一して使用していく。

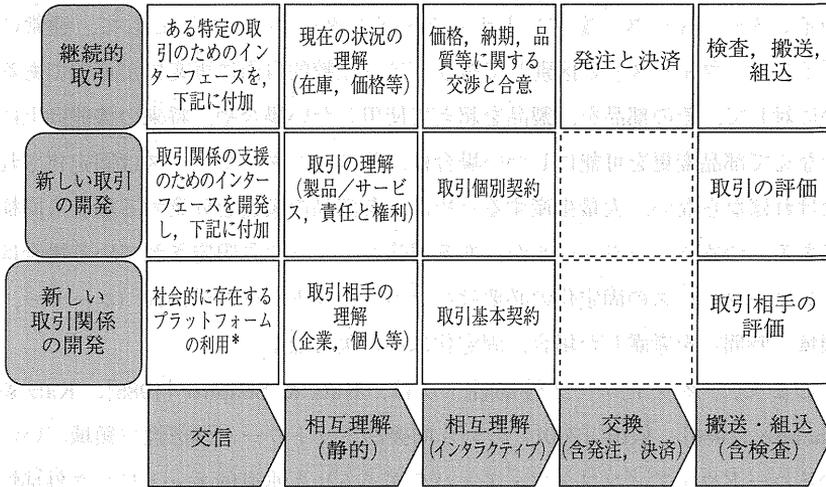
第1図 トランザクションのインターフェースの事例



されていない慣習や信頼なども含めるものとする。ただし、意図されていない自然発生的なもの、明示化されていないものは、伝達は難しく、構築に時間がかかり、不確実であるため、インターフェースとしての効率が低いのは明らかである。

インターフェースは、次々と付加されていくという重層構造を持っている。主体を人間に限っていえば、少なくとも、自然言語やそれに付帯するロジック、セマンティックなどはインターフェースとして規定されており、それらのインターフェースだけでも、十分に各主体は「ある程度」自律的に機能することは可能である。さらにその上に様々なインターフェースが付加されていくことにより、トランザクションの効率は、より改善され、同時に自律性が高まることになる。

第2図 トランザクションにおけるメタ・インターフェース



*：法律や慣習により規定されるもの。例) コンテキスト：度量衡，セマンティック，論理など。表現形態：マルチメディア，テキスト，自然言語，デジタル/アナログ，プロトコル (IP, EDI, ロゼットネット)，I/O ルールなど。コミュニケーション・ツール：電話，テレックス，インターネット，電子メールなど。媒体：電波，音，光，電圧など。

人間ではない、部品など人工物の場合はどうだろうか。ソフトウェア・モジュールなどインターフェースが論理的である場合は、上記の議論が適用できるが、機械的、電気的なモジュールについては、部品間の機械的作用・反作用、電圧、電流などの物理的インターフェースが規定される。例えば、時計であれば、ゼンマイ、歯車、針などが、機能を分担し、機械的な仕様がインターフェースとして規定され、それぞれが独自の機能を果たすようになっている。

Milgrom & Roberts [1992] が「部品間のインターフェースがない場合、権限による調整が必要となる (デザイン上の相互連結性)」とするのは、インターフェースを柔軟、自由、不定期、恣意的に変更している状態のことを指すと考えてよいであろう。各部品に分解される以上、最終的にはインターフェースが規定されなければ、部品間で物理的な相互作用は働かない。ただし、そのインターフェースが唯一無二の製品 (例えば、世界に一つしかない手作りの時

計や特殊な試作など)を対象としているとき(本論文では、この「その場限りのインターフェース」を“アドホック・インターフェース”として、通常の「インターフェース」と区別して扱う)は、比較的自由に再変更が可能であるのに対して、その部品を、製品を超えて使用したい場合や、将来の機能向上にそなえて部品変更を可能にしたい場合は、そのインターフェースは固定化されなければならない。大量生産するために、各部品の製造を分業する場合も同様である。つまり、モジュールが、ある用途たった一つに限定されている場合は、インターフェースの固定化の必要はないが、ネットワーク外部性(ユーザー、領域、時間)を考慮した場合、固定化は不可欠となる。

ここで、“ネットワーク外部性”には、Katz & Shapiro [1985], Katz & Shapiro [1986], 依田 [2001] のいう間接的ネットワーク外部性(領域。いわゆるハードウェア/ソフトウェア・パラダイム)と垂直的ネットワーク外部性(時間。いわゆる異時点間のネットワーク外部性)をも含めた広義のもの、つまり、通常の利用者数に加えて、領域と時間も含めたネットワーク外部性の拡張概念を用いている。特に時間を含めた垂直的ネットワーク外部性の概念は、第4章で、インターフェースの効用を考える際の重要な鍵となる。

2 本論文において扱われるインターフェースの事例

本節では、具体的な事例を取り上げ、インターフェースの概念定義を説明する。

- 標準: TCP/IP などのデータ・プロトコルは、通常、標準(標準規約)と呼ばれるが、第1図の交信に含まれるインターフェースは、この分類に含めることができる。その他に、ウィンドーズなどのOS(OSをインターフェースとして、各アプリケーション・ソフトがモジュールとしてトランザクションを実行する)、エクセルなどの標準的アプリケーション・ソフト(ソフトをインターフェースとして、データがモジュール化される)、などが含まれよう。

- 土井 [2001], Grindley [1995], David [1987], David & Greenstein [1990], David & Rothwell [1996], Hawkins et al. [1995], NRC [1995]によれば, 標準には, 通常, 上記の「インターフェース標準」に加え, 「クオリティ標準」が含まれるとされる。これは, 製法・プロセス標準, 作業標準, 品質標準, サービス標準などのクオリティに関する規定である。しかしユーザーは, 標準が規定するところの品質 (クオリティ) とその誤差範囲で, 製品が提供されることを前提に, それを使用する。つまり, クオリティ標準も, 製品 (サービス) とユーザーの間のインターフェースとして存在し機能しているということができる。ユーザーが何らかの信号 (例えばスイッチAの誤差範囲内での ON 信号) を与えると, 製品が機能提供を開始するというトランザクションを規定したインターフェースが, クオリティ標準である。つまり, 標準はすべてインターフェースである。
- 市場取引: 最も一般的で, かつ理解しやすいインターフェースの対象としてのトランザクションである。
 - XML (eXtensible Markup Language): インターネットは明らかに重要なインターフェース (そして標準) として, 特に交信において世界中の主体間でのトランザクション・コストを劇的に削減させた。それが, 分業など企業間関係に及ぼした影響は極めて大きい。さらに, そのインターフェースをプラットフォームとして, EAI (Enterprise Application Integration), P2P (Peer to Peer), オープンソースなど, 次世代インターネット技術による様々なインターフェースの重層化が進んでいる (例えば, 末松 [2004a]) が, ここでは XML を取り上げてみよう。
- 従来のインターネットにおける標準 (言語) プロトコルが HTML であり, それはデータ表示機能のみを扱っていたのに対し, XML はデータ処理機能を持つ。このため, 従来は人間しか扱えなかった処理 (例えば, 企業の財務データの収集・比較) を, コンピュータが自動処理できるようになる。これは, コンピュータ間のトランザクションを劇的に進化させるた

め、このプロトコルを活用した様々な応用インターフェースの開発プロジェクトが世界中で、何千と進行している。典型的な事例としては、従来の EDI (Electronic Data Interchange) をはるかに複雑化させたロゼッタ ネットや ebXML, 財務情報を標準化する XBRL (eXtensible Business Reporting Language) などがある。なお、通常、ネットワークといった場合、主体を含めたシステムを指すケース (ネットワーク構造など) と、主体を含めない媒介を指すケース (インターネットなど) があるが、後者の場合は、例外なくインターフェースに含められるべきものである。

- マネジメント・システム：企業内の業務とは、財や情報と報酬が交換される取引トランザクションの集合である。コース (Coase [1988]) は、マネジメント・システムをトランザクションから除外したが、本論文ではそれを企業内のトランザクションを規定するインターフェースにとらえる。例えば、ジョブ・ディスクリプション (責任と権限の規定、あるいは作業標準) は、上司が部下の行動を予定し管理し評価することを可能とする。それと交換されるのは、良い評価や高い報酬である。人事制度、会計制度は、全部門、全社員が共有するインターフェースであり、これを基準として様々な活動や行動が相互に調整され実行される。さらに、製法・プロセス標準、作業標準、品質標準、サービス標準などはクオリティを規定する標準であり、それらがインターフェースに含まれることを前述した。
- インタラクティブな情報処理：マネジメント・システムを介して行われるトランザクションは、情報処理である。ここでは、人間間、コンピュータ間のあらゆる情報処理を含めることにする。
- 個人における情報アーカイブ：後述するが、個人における情報の蓄積行動は、現在の自身と将来の自身間のトランザクションであると考えることができる。

3 重層・階層構造をとるインターフェース

1) インターフェースの重層構造

第1図と第2図で示したように、インターフェースは二つの意味で重層構造をとる。一つは、前述したメタ構造であり、他の一つは、インターフェース自身がレイヤーの積み重ねとなっていることである。

前者のメタ・レベルのトランザクションは、不確実性への対処であり、一度限りのトランザクション（例えばスポット取引）に必要不可欠ではないが、問題発生のコスト（財の損失、調整、機会損失など）の期待値との比較となる。

後者のインターフェース自身のレイヤーについては、自然言語など通信のインターフェースのみでもトランザクションは可能であるが、レイヤーの数を増やすほど、トランザクションの効率性が増大する。ただし、それには条件を満足することが必要であり、コスト（第V章）と設計指針（第VI章）に関連して後述する。

・インターフェースの階層的集合

一つのインターフェースは、一つのトランザクション遂行機能しか持たないが、現実のトランザクションは、無数のインターフェースで構成される集合体により実現される。例を示して説明しよう。

・eマーケットプレイス：インターネット上で激増している人工的な市場としてのeマーケットプレイス（B2B、B2Cなど）は、製品／サービスの提供者と需要者の間に存在するインターフェースの集合である。認証、信用保証、製品のカタログ表示、交渉支援、価格形成（オークションなど）、物流、保険、各種コンサルティングなど、第1図に示したトランザクション全般を規定するものである。

・信頼：習慣と同様に、信頼はルール化されたものではないが、双方の合意として規定されたメタ・レベルのインターフェースと考えることができる。

Arrow [1974] は信頼財として指摘したが、短期的な利害の調整に寄与し、不確実性に対応する。裏切り行為は、その当事者間ばかりか周辺の取引相

手とのインターフェースを破壊させるため、長期的なトランザクション・コストを著しく増加させることになる。逆に、裏切り行為を双方が行わなければ、永続的強力なインターフェースとして機能するようになる。しかし、不測の事態の発生時に、一方的な搾取や和解努力の破綻があっては、継続的な信頼関係は維持できない。信頼が機能するためには、不測の事態に対応できる、双方の高いレベルの問題解決力が必要となる。さらに言えば、実際に、この問題解決力が機能するためには、問題解決の概念、フレームワーク、用語など様々なインターフェースの存在が不可欠となるため、それだけで重層化したインターフェースが存在しているとも言える。この議論は重要だが、本論からはずれるので深くは踏み込まず、ここでは「信頼」の中には問題解決力という複雑かつ高度に重層化されたインターフェースが含まれることだけを指摘しておくことにする。

- 設計思想：部品間のインターフェースを設計する際に、メタ・インターフェースとして機能し、その指針を与える。これは、企業組織内のみではなく、企業を超えて存在しうる。
- システム：システムとは、要素の結合・連結規定である（結合された要素の集合を指す場合もある）。各要素は、それらの規定に従って、相互のトランザクションを実行している。そこには無数のトランザクションが発生するが、それらを規定しているのが、インターフェースである。
- 組織内の各種インターフェース：Coase [1988] が企業の存在意義を示した背景には、階層組織内には無数のインターフェースが存在し、企業内でのトランザクションを効率化させているという事実がある。一元化された所有権 (Williamson [1985]) は、受発注や交渉などのトランザクションを一切、不要とするという規定（これは通常、労使契約により明文化される）である。ただし、オープンソース・ソフト開発における GPL (General Public License) は、企業間、個人間の間で、これと同様の機能を果たしているため、これが企業内に限定されるということはなくつつある。

ビジョン，ミッション，価値観などは，前述の設計思想と同様に，様々な調整を行うためのインターフェースである。これらは明文化されるが，習慣や企業カルチャーのように，明文化されてはいなくとも，全社で共有され規定として機能しているものも多い。その他にも，認証やコミュニケーションのインターフェースは，どの企業でも確実に整備されており，またジョブ・ディスクリプションなど相互理解を支援するものも充実している。

システムが人工物（単一機能の集合）である場合には，例外的な結果は発生しないが，組織の場合には，インターフェースで規定されている部分をベースにした相互作用による例外が多発する。例えば，階層組織においては，インターフェースで規定されない部分を，上位のマネージャーが調整を行う権限を行使して，アドホック・インターフェースを決定している。アドホック・インターフェースは，その場限りの対応であり，トランザクションの主体は常に上位権限に依存しなければならず，モジュールの条件となる自律性は完全に欠落する。インターフェースとアドホック・インターフェースを厳密に区別するのは，このためである。つまり，インターフェースとは，ある特定の個別ケースを対象としたものではなく，汎用的（二種類以上）長期的（二回以上）な様々なケースに対応でき，主体の最低限の自律性を担保したものでなければならない。

ただし，階層権限は，アドホック・インターフェースを決定する役割と同時に，インターフェースを決定する役割も担っている。この役割については，メタ・レベルのインターフェースとしてとらえることができる。つまり，通常の階層組織は，インターフェース（インターフェースを決定する階層権限を含む）と，アドホック・インターフェースを決定する階層権限により，成立しているといえる²⁾。

2) 上位権限が存在しない場合のアドホック・インターフェースは「不測の事態」であり，その例外処理方法に関する規定に従って作成する。そのようなメタ・インターフェースがない場合は，社会的規定（自然言語や裁判所など）を使用して調整し決定する。通常，「京都地方裁判所で処理する」が最もメタなインターフェースであろう。

Milgrom & Roberts の「部品間のインターフェースの調整」と同じ発想で、Collins & Montgomery [1998] のように「行動をたえず調整する必要がある場合には、階層組織のほうが好ましい」、つまり状況が変化しておりインターフェースが決定できない場合の階層型権限がよく着目される。しかし、どのような場合でも、不確定要素の影響を受けずに固定化できる部分は、一般に想像されているよりもはるかに多く、その抽出努力は極めて重要となる。的確なインターフェースの設計により、調整作業は大きく減少するのである。インターフェースを規定できないのは、その能力を有するものが最大限の努力を払っても、コスト的に見合わない場合のみである。

4 主体の自律性を担保するインターフェース

主体は、自らの行動について自律的に意思決定を行うが、インターフェースとアドホック・インターフェースにより、トランザクション、すなわち他者との関係に関わる活動のみ規定される。つまり、主体における活動は、インターフェースにより規定される活動 (A)、アドホック・インターフェースにより規定される活動 (B)、自身の裁量で意思決定する活動 (C) の三つより構成されるということになる。アドホック・インターフェースにより規定される部分では、自律性は許されないが、インターフェースは、(労働契約を含む) 契約で自ら同意したもの³⁾であるので、自律的な意思決定の範囲に入る。従って、自律性とは、全体の中で、A + Cが占める割合である。主体の自律性が、インセンティブ及び活動効率と強く相関していることはいうまでもない(ただし、正と負の両方がある)。

ここから、自律性の割合により、上司と部下の上下関係でも水平に近いものもあるし、対等に見える商取引でも、上下関係に近い企業間関係がありうると

3) 例外として、同意なしに、インターフェースが変更される場合もある(通常は基本契約などのメタ・インターフェースでそれを認めることになっている)が、それはアドホック・インターフェースに分類することとする。

いうことになる。

III インターフェースの効用

インターフェースを規定することの効用は、極めて多岐に渡り複雑である。モジュール化の効用とコストは、Baldwin & Clark [2000] をはじめとして、よく議論されているが、本章と次章では、インターフェース化の効用とコストに着目する。インターフェースの効用については、ここまでの議論が明らかにしてきたように、まず主体の自律性を担保することであるが、以下、自律性が担保されたうえでの関係の規定に関する効用について分析していく。

第3図では、1:1 (相手主体が一人または一個の場合)、1:N_{HO} (相手主体がNの同質なものの場合)、1:N_{HE} (相手がNの異質なものの場合) に分類して、その関係性規定における効用を記述している。ここで、効用は累積していく、つまり、1:N_{HO} の効用は、1:1 の効用も含み、1:N_{HE} の効用は、1:1 と 1:N_{HO} の効用も含んでいる。これらは基本的には、合理的に求めうる、あらゆる関係性 (インターフェース) を網羅したものと考えてよい。

① 1:1

これは、基本的な交換のトランザクションのインターフェースであり、二者間の資源 (財, サービス, 資金, 情報) が交換されるプロセスが効率化されることによる、コスト削減が効用となる。その応用として、情報の量と質が高まり、意思決定の精度が増し、両者の資源効率 (パフォーマンス) の向上が実現される。

② 1:N_{HO}

インターフェースにより、付加と撤去のコストが削減される (組み込まれているものの撤去は、通常、困難である)。負荷配分 (ロード・バランシング) は、収穫逦減の場合に、過剰負荷の主体を最適調整する (すなわちコスト削減につながる)。どちらも、量的な調整 (増大と低減) を容易とさせるものである。

第3図 インターフェースの効用

関係性 ($N \geq 0$)	トランザクション・コストの削減 (商品, サービス, 情報)	個別レベルでの 資源効率向上	全体としての 資源効率向上
1:1	-トランザクション・コスト↓ 交信コスト↓ 相互理解(静的)コスト↓ 相互理解(インタラクティブ)コスト↓ 交換コスト↓ 搬送・組込コスト(モニタリング・評価コスト)↓	以下が可能となること によるもの ・よりの確な意思決定 ・各主体における評価の強化	的確な意思決定 ↓ ・変化への対応 ・自己革新
1:N _{HO}	-モジュール数の変更コスト↓ モジュール付加コスト↓ モジュール撤去コスト↓ -モジュール内の負荷変更コスト↓ モジュール内の負荷増加コスト↓ モジュール内の負荷低減コスト↓	以下が可能となること によるもの ・最適個体の選択 ・インセンティブと競争 ・最適な負荷配分	アウトプット(量的)の 柔軟な調整 ↓ 変化への対応
1:N _{HE}	-細分化/組織化(組織的細分化)コスト↓ 単純化コスト↓ 機能分散コスト↓ 資源共有コスト↓ (含:情報アーカイブ, 個人のファイリング・システム)	規模の経済が機能する ことによるもの	アウトプット(質的)の 柔軟な調整 ↓ ・変化への対応 ・自己革新

注1) : N_{HO} , N_{HE} : 同質の N と, 異質の N を表す。

2) : 効用は, 下方に累積する。

③ 1:N_{HE}

ここでの効用は, 基本的に, インターフェースが存在することにより, 細分化と分類化が容易となることである。細分化により, 各主体の特質が単純化され, 処理が容易となる。これにより, 質的な変更(質の付加と撤去)が容易となるので, この形態は, 環境変化に柔軟な組織構造であるといえる(細分化と分類化が的確に行われるインターフェースの存在が条件となるが)。ちなみに, この形態は N 個の異質な主体が, ネットワーク形態を形成している場合であり, 通常意味されるところの“ネットワーク”と理解してよい。

注目すべきは, 相手がいない場合にも, 時間を考慮したネットワーク外部性(垂直的ネットワーク外部性)を考えることにより, 上記すべてのインターフェースの効用は機能することである。インターフェースを規定することにより, 自身の活動の評価を容易(モニタリング, 評価コストの低減)とし, 自ら

の資源効率の向上に寄与することになる。 $N_{HO} = 0$ の場合(自身以外に, N が存在しない場合)の事例としては, 在庫の保有がある。インターフェースに則した生産を蓄積しておくことにより, 負荷の平準化や最適配分が容易となる。 $N_{HE} = 0$ の場合の事例の一つは, 自身のファイリング・システムである。現在の活動と将来の活動(あるいは, それに付随する情報)を, インターフェースにより分類し, 情報のアーカイブが行われる。これは, N が大きい方が効用も大きくなるが, あらゆる個人が単独でさえ必ず行うものである。

これらの効用は, 「主体の資源効率を高めること」「主体が構成するシステム内におけるトランザクション(資源の交換)の効率を高めること」「システムの質・量における変化への柔軟性を高めること」にまとめられる。これらは, 環境変化への対応には極めて重要である。

IV インターフェースのコスト

1 コスト

インターフェースのコストは, 第4図に示すように, 提供者側と使用者側, および初期費用と継続的費用に分類して議論することができる。インターフェースを新規に導入する場合は, 設計コストに加えて開発コストが必要となるが, 社会, 企業内に既存のインターフェースを選択し採用することも可能である。重要なのは, これらインターフェースの設計・開発コストに加えて, 運用コストが多く発生することである。ここでは, マネジメント・コスト, オペレーション・コストと表現しているが, インターフェースに習熟し, それを定着させ, 的確に活用するまでのあらゆるコストが含まれる(インターフェースの変更の際して発生する, 撤去のコストもここに含める)。インターフェースの悪用(クリエイティブ・コンプライアンス)の排除も重要となろう。

実は, これらは通常のマネジメント・コストとして発生しているもの, つまり通常の業務に包含されうるものだけということが出来る。マネジメントを, 制度(その導入と運用)に依存する組織では, インターフェースのコストのほと

第4図 インターフェースのコスト

	提供者側のコスト (マネージャー、開発者、運用者など)	使用者側のコスト
初期費用	-設計コスト -開発(選択*1)コスト -マネジメント・コスト 標準化コスト(周知徹底、使用の管理・評価) 教育コスト	(-設計コスト)*2 -オペレーション・コスト 標準化コスト(オペレーションの変更) 教育コスト
継続的費用	-マネジメント・コスト モニタリング・コスト 評価コスト 改善コスト	-オペレーション・コスト 改善コスト

*1: 既存のインターフェースの選択

*2: 使用者が、インターフェースの設計に参画する場合もある。

んどは、吸収されうるといことである。つまり、制度化やインターフェース化に柔軟な組織は、個人でも全体としても柔軟性、変化適応性、革新性をポジティブ・フィードバック的に高めていき、逆に、そうでない他の組織においては、すべて新たなコストとして発生する可能性があるので、初動が極めて困難となる。

インターフェースのコストとして、ロックインと硬直化による変更コストの増大(埋没コスト)がよく指摘される。しかし、あらゆる一般的な「制度の導入」において、それに先立ち、習慣を含め、規定されているインターフェースが存在しており、その場合には「変更のコスト」が発生している。例えば、ITネットワークとそれに依存する制度の導入である。従来、紙によるコミュニケーションに依存してきた制度は、電子的な制度に代替されるが、これには全使用者のブラインド・タッチ習熟など使用者のスキル、技術管理を含めて、膨大な変更コストが発生している。会計制度の変更も、世界レベル、国家レベル、企業レベルなど、その規模により膨大な変更コストが要求される。従って、変更のコストは「インターフェース変更のコスト(モジュールの変更コスト)」

にのみ例外的に発生するものではなく, 日常的に発生しているものである。

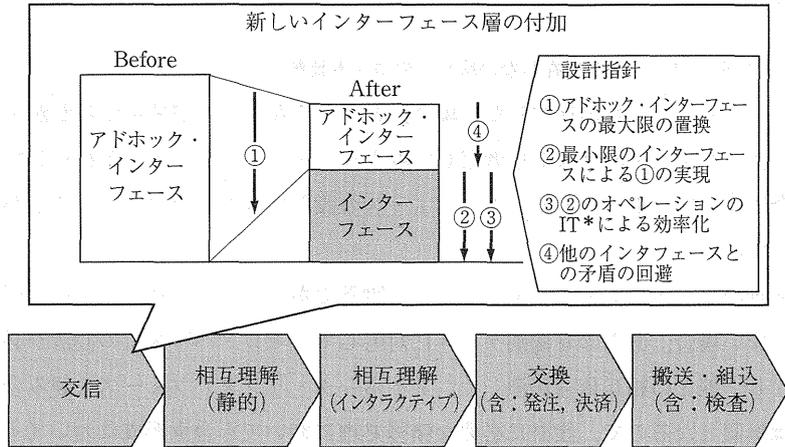
2 インターフェースが存在しない場合とのコスト比較

インターフェースが存在しない場合, どのようなコストが発生するかから, インターフェースのコストを考察してみよう。インターフェースが存在しない場合には, アドホック・インターフェースの設計コストとその派生コストが発生している。

前者のアドホック・インターフェース設計であるが, インターフェースが存在しない場合, あらゆる個別ケースに対応して, ゼロ・ベースでの設計が必要となり, 他との相互依存が激しく, アドホック・インターフェースの組み合わせは無限となるので, 設計に必要な情報処理においても合意形成においても効率は著しく低下する。アドホック・インターフェース設計は, ネットワーク外部性(ユーザー, 領域, 時間)を考慮する必要がないので, その分の情報処理量は減少するように見えるが, 実は, その非効率性のために大きなコストが発生しているのである。ただし, 固定化が好ましくない領域で, 意図的にインターフェースの構築を避け, アドホック・インターフェースで対応しようとする場合に, 階層的処理をとる(これはインターフェースの部分的固定化に等しい)ことにより, その設計効率性を高めることができるが, 「インターフェースの固定化がいけない」とする発想がある限りは, これは不可能である。

派生コストとして発生するものとしては, Jensen & Meckling [1976] や Eisenhardt [1989] らにより指摘されたエージェンシー・コストや, Milgrom & Roberts のインフルエンス・コストがあげられる。これらはインターフェースの存在しない階層組織などでは膨大であるが, 的確なインターフェースがあれば, 最小限にとどめることが可能なコストである。

第5図 新しいインターフェース層の付加



*：単純化による、低労賃化も含む。

V インターフェースの設計

1 新しいインターフェース層の付加

自然言語など何らかの既存のインターフェースが交信に不可欠であることを見れば明らかなように、インターフェースはレイヤー、あるいはモジュールのように、交信、相互理解、交換、搬送・組込の各ステップにおいて、次々と積層されていく。各々のインターフェース・レイヤーの付加に際しては、その効用と費用が比較され、新規に設計するか、外部から採用するか、現状維持（導入しない）かが決定される。第5図に示すように、設計に際しては、以下の指針を踏襲した上で、効用とコストを分析する（ただし、費用対効果が得られない場合は、現状維持となる）。

2 設計の指針

新たなインターフェース・レイヤーの設計は、以下の4つの指針に従って行われる。

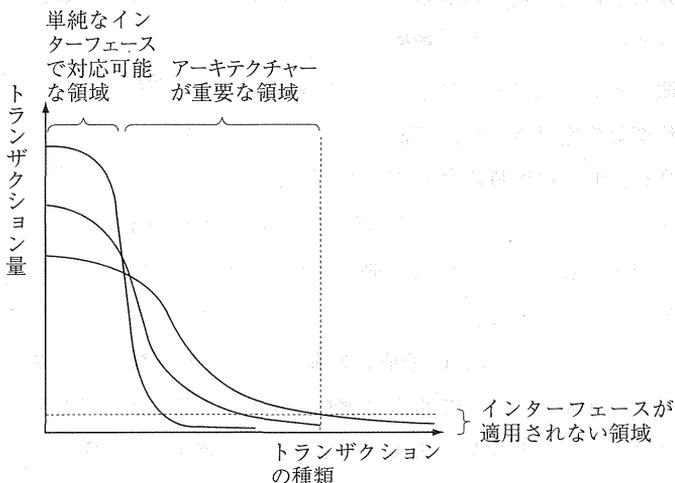
- ①規定されていない部分の最大限の置換：対象とする部分の規定を，例外を最小限とするように設計する。ただし，運用の能力との比較で，複雑すぎる規程は不適當の場合がある。そのような場合には，例外の対応策をメタ・レベルのレイヤーとして整備しておく。
- ②最小限のインターフェースによる①の実現：設計，運用，維持・改変における作業効率を考慮して，可能な限りシンプルな規定とする。そのためには，構造化，特に階層構造化が不可欠である。
- ③②のオペレーションの IT による効率化：設計された規定のオペレーションは，可能な限り IT を導入し効率化する。IT とインターフェースとの親和性は，極めて高く，アドホック・インターフェースとは，その逆である。
- ④他のインターフェースとの矛盾の回避：設計された規定が，他のインターフェース規定と矛盾する場合の調整コストは非常に大きくなる。現存するものばかりか，将来的に導入されるものをも考慮して，設計する。このインターフェースのモジュール化，あるいはインターフェースのインターフェースともいべき全体構造を規定するものが，一般に“アーキテクチャー”と呼ばれるものである。

3 アーキテクチャー設計

アーキテクチャーは，インターフェースの相互矛盾を回避し，それぞれが単独，あるいは協調して機能するために，極めて重要である。アーキテクチャー全体の構造化が的確になされていれば，インターフェースの置換が可能となり，陳腐化への対応が可能となる。現実には普及していないが，OSI (Open Systems Interconnection) のネットワークの7階層モデルは，典型的なアーキテクチャーの事例であり，全体が網羅されている上に相互背反が確保されており，それぞれ独自の発展と置換が可能である。アーキテクチャーは，オープンかクローズかの選択を含めて，全体網羅・相互背反が徹底されていなければならない。

第6図 インターフェースの適用領域

$t=1 \rightarrow t_p$ におけるトランザクションの累積発生回数
(全ての関与者間のトランザクションを対象とする)



注： $t=1$ はインターフェースの使用開始時、 t_p はインターフェースの予定使用時間。

このようなアーキテクチャーの巧拙は、今後、あらゆる組織（企業、国家など）において、その競争力を決定する重要な鍵となる可能性がある。現在は、インターフェース間の、いわゆる標準化競争が激しいが、今後はアーキテクチャー間の競争となろう。

4 適用領域

インターフェースの効用とコストは、その対象と実行主体の能力により異なるが、その適用は、その効用がコストを上回る領域となるのは明らかである。第6図は、適用領域の概念を表したものであり、時間 $t=1$ から t_p までに、当該インターフェースの全領域における全関与者間で発生するトランザクションの累積発生回数（つまり当該インターフェースの累積使用回数）の分布を示している。ここで $t=1$ はインターフェースの使用開始時、 t_p はインター

フェースの予定使用時間を表している。図に示すように、その主体により、少ないトランザクションの種類に発生が集中する場合と、多くの種類に分散するケースが考えられる。

どのようなケースにおいても、その発生頻度があまりに小さい場合は、効用がコストを上回することは困難である。逆に、少ない種類のトランザクションに、頻度が集中する環境の場合は、インターフェースの数は少なく、おそらく単純なアーキテクチャー（例えば、信頼、慣習や単純な階層組織など）で処理が可能である。本論文やモジュール化理論が有効に適用されるのは、その中間領域で、トランザクションの種類が多い、時間でトランザクションが変化する、あるいはその両方が当てはまる環境である。

VI インターフェースのオープン性とその価値（使用者、提供者にとって）

インターフェース（あるいはネットワーク）におけるオープン性の議論は、オープン・ネットワークの普及と期を一にして盛んになっている。インターフェースのオープン性の意義は、使用者と提供者の立場から異なる。なお、ここでインターフェースがオープンであるとは、インターフェースの使用権に関する条件（使用価格と使用資格）が緩和されている状態のことである⁴⁾。

使用者にとってのオープン性の価値は、より明らかである。インターフェースの仕様が公開されていることにより、コンパティビリティが担保され、競争原理が機能し、そのインターフェース、あるいは所有者へのロックインが回避されることになる。もちろん、提供者は、この逆で特殊性を強化し、依存性を高める方を好む。つまり、使用者が提供者からの独立性、自律性を確保するには、オープン性は不可欠である。

また外部資源の内部化に前向きな場合には、ネットワーク外部性が機能する

4) オープン性に関する議論は、所有権と使用権に関するものがありうるが、ここでは使用権が重要である。所有権を自身が保持している場合は、通常の組織・戦略の議論の範疇になり、所有権を他者が保持している場合は、使用権のみが問題となるからである。

ことは好ましいことである。オープンであれば、そのインターフェースが普及、標準化するため、規模の経済による製品／サービスの向上も期待できる。つまり、インターフェースのオープン性は、使用者にとって価値が大きく、したがって、提供者は、使用者のこのニーズに対応することが競争力強化につながることになる。

しかし、他方、提供者にとってインターフェースをオープンにすることは、競合の参入を容易とし、インターフェースの価格を限りなく下げる（限界費用に近づける）という観点から、その効用は微妙かつ複雑である。ここでは末松 [2004b] の分析に従い、確定価値と未確定価値に分けて検討する。

■確定価値

- 単位コストの低減：インターフェースの使用に課金できる場合、使用量の増大から、インターフェース使用の単位コストを低下させることができる。
- インターフェースが標準を獲得した場合の収益構造への展開：インターフェースの使用に課金できる段階では、マイクロソフトのように事業展開を享受できる。ただし、クローズでは標準化は難しく、オープンにすればするほど価格が低下するという、収益化への矛盾がある。標準化競争が極めて激しい現状においては、マイクロソフトが実現したような標準化の再現は、もはや非常に困難である。

■未確定価値

- 外部との接続による外部資源の内部化：インターフェースをオープンとすれば、その普及、あるいは翻訳による外部インターフェースとの接続により、外部資源の取り込みが可能となる。MIT の提唱するオープン・コースウェアなど、教材をオープンにすることにより、より多くの資源が集まり、発信者に最も大きい効用がもたらされるという思想が普及しつつある。
- 普及による認知度の向上：消費者、使用者、業界など、関連する領域におけるブランド向上やトラフィックの増大を、直接的（マーケティングやコンサルティングなど）、間接的（人事採用など）に活用した事業展開などの

効用が可能となる。

- ・事業展開時におけるファースト・ムーバー・アドバンテージ：インターフェースの開発者として、それを活用した事業展開を意図する場合には優位性が得られる。

これに対して、インターフェースを「隠す (Hiding)」意味について整理しておく、それは希少財としての差別化と特殊性によるロックイン、つまり依存性の確保⁵⁾である。従来は、提供者のこの依存追求と使用者の独立追及の間で、バランスが成立してきていた。しかし、最も発生頻度が高く、希少性や特殊性のないインターフェースがオープン化されるべきであることが広く認知されてきており、このバランスは大きく崩れつつある。つまり、インターフェースをクローズにすることの価値は、使用者はもちろん、提供者にとってさえあまり小さくなく、オープンで (使用条件が緩い)、かつ品質の高いインターフェースが提供者に採用され普及していく傾向が認識される。インターフェースを隠すことで成長してきたマイクロソフト社が、インターフェースを完全にオープンとしているオープンソースの脅威により、オープン化を進めている⁶⁾のは、その最たる事例としてあげられよう。コンサルティング会社のように、外部には高度に見えるインターフェース (問題解決ノウハウなど) を、出版を通じて開放しているのも、営業活動という外部資源の内部化として解釈することができる。

階層組織は、市場取引とは異なり、相互の独立を前提としないので、異なる議論が必要となる。提供者側 (企業) は上記のようなクローズに対する信奉から、また使用者側 (社員) は自らの特殊性を維持するために、オープン化どころかインターフェース自体を嫌う傾向さえある。一種の共依存関係である。し

5) 公開しないことにより、差別性と特殊性は確保され、使用者はそれに依存せざるを得なくなるので、提供者は強い優位性を享受できる。

6) この動きは注目されることが少なく、また独占禁止法への対処のためのみという指摘もあるが、マイクロソフト社は、同社が開発した XML などのインターフェースを公開し、他者との協調を前提とした全社戦略「.NET 戦略」を推進しているのは事実である。

かし、インターフェースのノウハウを取得しオープンな価値を知った企業が増え、成長指向の強い社員が、企業に限定されたマネジメント・システム（インターフェース）よりも、将来の応用可能性の大きい、つまりネットワーク外部性の高いオープンなものを好むようになっており、さらに企業が成長意欲の強い（すなわち優秀な）社員を採用するというように、この共依存関係は相互独立・自立協調へ大きく転換しつつある。

前述のとおり、インターネット、およびインターネット上に付加される次世代インターネット技術というインターフェースの爆発的發展により、外部資源の使用可能量も爆発的に増大しており、オープン化の意味はますます大きくなっていると考えられる。

VII 総括と今後の研究課題

本論文において提示したモデルが明らかにした諸点は、以下のとおりである。

- ① モジュールとは、インターフェース群により行動を規定される主体（自律的に意思決定を行い活動するもの）である。インターフェースとは、主体間のトランザクションを規定するものであり、主体のトランザクションに関わる行動のみに影響を与える。トランザクションとは、階層組織を含む、主体間のあらゆる経済活動（財の交換）である。
- ② トランザクションは、インターフェースと、アドホック・インターフェースを介して行われる。階層組織においては、両者とも上位権限により決定される。
- ③ 主体における活動は、(A) インターフェースにより規定される活動、(B) アドホック・インターフェースにより規定される活動、(C) 自身の裁量で意思決定する活動の三つより構成される。自律性とは、全体の中で、A + Cが占める割合である。
- ④ 「モジュール化の程度」とは、主体における自律性（独立性）のレベルであり、それは「インターフェースの集合の大きさ」と「各インターフェース

のオープン性」で決定される。これらはすなわち、それぞれ、上位権限や不確実性と、インターフェース（の所有者）からの独立による自律性の確保に等しい。個々の能力と多様性、およびそれらの統合の重要性の増大、さらにそれを支援するインターネットの普及という環境変化を背景として、モジュール化が重要となっていることの説明が可能である。

- ⑤ インターフェースは、モジュールの自律性を担保するためにあるので、自律的判断能力を全く持たない人工物（部品など）の場合は、その設計や製造を担当する人間や組織間の、設計や製造のトランザクションに関するものとなる。データ（コンピュータが関与しない場合）や組織図も同様である。
- ⑥ インターフェースの集合としてのアーキテクチャーの巧拙、つまり全体網羅・相互相反で設計されているかが、システムの競争源泉として極めて重要である。これはメタ・インターフェース設計、インターフェース設計への細分化に際しても、当てはまる。
- ⑦ モジュール化（およびインターフェース）の効用は、モジュールの自律性を担保したうえで、モジュール単体の資源効率、モジュールが構成するシステム内におけるトランザクションの効率（資源の交換効率）及びシステムの質・量における変化への柔軟性を高めることである。特に、モジュール間のトランザクションが複雑である場合（情報処理が高度で付加価値が高い領域など）、環境変化への対応には極めて有効である。ただし、そのためには、インターフェースの設計が的確に行われる必要がある。
- ⑧ モジュール化（およびインターフェース）のコストは、マネジメント・システムのコストに包含されうる。モジュール化に習熟する組織は、そのコストを極限まで低減させることが可能であり、その場合、モジュール化の適用領域と効用は大きく拡大する。
- ⑨ インターフェースのオープン化（使用条件の緩和）は、使用者、提供者の両者にとって必然であり、特に有効な外部資源が拡大している現在、その流れは加速する。インターフェースをクローズにして、社員との共依存が成立

していた階層組織でさえ、成長指向の強い社員による自立協調型へと移行している。

- ⑩ ネットワークの分析が、インターフェースの分析の枠組を使用して可能である。“ネットワーク”とは、インターフェースを共有する主体により構成されるシステムか、主体間のインターフェースかのどちらかを意味する。本論文では、インターフェースを有するシステムについて議論してきたが、その論理的枠組は、(上記の両者を含む) ネットワークに適用でき、ネットワークに関する新たな分析枠組を提示することにつながった。

なお、今後の研究課題として、本モデルの精緻化と、より多くの具体例別による検証を必要とすることをあげておく。

参考文献

- 青木昌彦・安藤晴彦編 [2002] 『モジュール化』 東洋経済新報社。
- Arrow, K. J. [1974] *The Limits of Organization*, W. W. Norton. (村上泰亮訳『組織の限界』 岩波書店, 1976年)。
- Baldwin, C. and K. B. Clark [2000] *Design Rules*, The MIT Press. (安藤晴彦訳『デザイン・ルール』 東洋経済新報社, 2004年)。
- Coase, R. H. [1988] *The Firm, The Market, and The Law*, The University of Chicago. (宮沢建一ほか訳『企業・市場・法』 東洋経済新報社, 1992年)。
- Collins, D. J. and C. A. Montgomery [1998] *Corporate Strategy*, McGraw-Hill. (根来龍之ほか訳『資源ベースの経営戦略論』 東洋経済新報社, 2004年)。
- David, P. A. [1987] “Some New Standards for the Economics of Standardization in the Information Age” in *Economic Policy and Technological Performance* eds. by Dasgupta, P. and P. Stoneman, Cambridge University Press.
- David, P. A. and S. M. Greenstein [1990] “The Economics of Compatibility Standards: An Introduction to Recent Research,” *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 1, No. 1.
- David, P. A. and G. S. Rothwell [1996] “Standardization, Diversity and Learning Strategies for the Coevolution of Technology and Industrial Capacity,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 14, No. 2.
- 土井教之 [2001] 『技術標準と競争』 日本経済評論社。

- Eisenhardt, K. M. [1989] "Agency Theory: An Assessment and Review," *Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 1, pp. 57-74.
- Grindley, P. [1995] *Standards Strategy and Policy; Cases and Stories*, Oxford University Press.
- Hawkins, R., et al. [1995] *Standards, Innovation and Competitiveness*, Edward Elgar.
- 依田高典 [2001] 『ネットワーク・エコノミクス』日本評論社。
- Jensen, M. and W. H. Meckling [1976] "Theory of the Firm," *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, No. 4, pp. 305-360.
- Katz, M. L. and C. Shapiro [1985] "Systems Competition and Network Effects," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 2, pp. 93-115.
- [1986] "Product Compatibility Choice in the Market with Technological Progress," *Oxford Economic Papers Special Issues on the New Industry Economics*, pp. 146-165.
- 國領二郎・奥野正寛・永戸哲也・高木晴夫・柳川範之・浦昭二編 [2003] 『情報社会を理解するためのキーワード(1)』培風館。
- Milgrom, P. and J. Roberts [1992] *Economics, Organization and Management*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (奥野正寛ほか訳『組織の経済学』NTT出版, 1997年)。
- National Research Council (NRC) [1995] *Standards, Conformity Assessment, and Trade into the 21st Century*, National Academy Press.
- Schilling, M. A. [2000] "Toward a General Modular Systems Theory and its Application to Interfirm Product Modularity," *Academy of Management Review*, Vol. 25, No. 2, pp. 312-334.
- Simon, H. A. [1996] *The Science of the Artificial*, Third Edition, Massachusetts Institute of Technology. (稲葉元吉ほか訳『システムの科学』第三版, パーソナル・メディア, 1999年)。
- 末松千尋 [2004a] 『オープンソースと次世代 IT 戦略』日本経済新聞社。
- [2004b] 「標準化戦略」(日置弘一郎, 川北眞史編著『日本型 MOT』中央経済社, 2004年) 135-161ページ。
- Williamson, O. [1985] *The Economic Institution of Capitalism*, Free Press.