

Title	「つながり」の社会-技術システムをデザインするためのモデリングフレームワーク： 自己組織性へのシステムアプローチ
Sub Title	A modeling framework for designing "Connected" socio-technology systems : a systems approach for self-organization
Author	河野, 美也(Kono, Miya) 前野, 隆司(Maeno, Takashi)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2010
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	現代は「つながり」の時代である。インターネット自体が、複数組織・複数システムの協調と相互作用で構成される「つながり」のシステムであるが、さらに、そのインターネット上でも、多様で多面的なオープンコラボレーションによるシステムが、次々に実現されている。こうして「つながり」のシステムは、かつてないスケールでの「分業」と「協業」を可能とする、社会経済活動に不可欠な要素になりつつある。 そのような「つながり」のシステムは、技術面からだけでは捉えられない「社会 - 技術システム」であり、中央集権的権威による制御が成立しにくい、オープンな多元・複合システムである。また、「あるシステム構造の下で参加者の行動が決定し、その行動の結果によりシステム構造が決定される」という再帰的・自己組織化システムである。このような、「つながり」のシステムに共通する「自己組織性」は創造・創発を促すが、一方、それをデザインすることは、「不良設定問題」を解こうとすることである。 システム工学では、「不良設定問題」を扱う場合、パラメータの数や未知の変数をできるだけ減じるために、システムのスコープを設定し、様々な拘束条件を与えることにより、「良設定問題」として捉えなおすのが基本である。しかし、「つながり」のシステムにおいては、自己組織性とそれに伴う創発性にこそ本質がある。そこで、本研究では、「不良設定問題」への代替的システムアプローチとなるモデリングフレームワークを提案する。 提案するモデリングフレームワークは、「現象論的レイヤ」と「超越論的レイヤ」のマルチレイヤから構成される。現象論的レイヤフレームワークは、起こっている現象を徹底的に理解するためのフレームワークである。現象を、根源まで遡って理解すれば、問題を具体的に定義することができ、解決策も自ずと見えてくる。しかしそれでも、システムへの参加者自らが参加するシステムを記述すると自己言及問題に陥る可能性がある。そこで、自己言及問題や集団思考などの過度の強化フィードバックを克服するために、超越論的フレームワークを設ける。 本論文では、前半にて本研究の背景と位置づけ、そして提案するマルチレイヤモデリングフレームワークについて述べる。後半では、「つながり」のシステムの代表例であるインターネットを主な題材として取り上げ、提案したフレームワークが、「自己組織性」へのシステムアプローチとして、妥当かつ有効性であることの例証を行う。 以上のように、本研究では、「つながり」のシステムをデザインするためのマルチレイヤモデリングフレームワークを提案し、実際の事例研究等により、その有効性を検討する。
Notes	修士学位論文. 2010年度システムエンジニアリング学 第31号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002010-0024

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2010 年度

「つながり」の社会－技術システムをデザイン
するためのモデリングフレームワーク

－自己組織性へのシステムアプローチ－

河野 美也

(学籍番号：80933189)

指導教員 教授 前野 隆司

2011 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

A Modeling Framework for Designing “Connected” Socio-Technology Systems

- A Systems Approach for Self-Organization -

Miya Kohno

(Student ID Number : 80933189)

Supervisor Prof. Takashi Maeno

March 2011

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論文要旨

学籍番号	80933189	氏 名	河野 美也
論文題目： 「つながり」の社会－技術システムをデザインするためのモデリングフレームワーク－自己組織性へのシステムアプローチ			
(内容の要旨) 現代は「つながり」の時代である。インターネット自体が、複数組織・複数システムの協調と相互作用で構成される「つながり」のシステムであるが、さらに、そのインターネット上でも、多様で多元的なオープンコラボレーションによるシステムが、次々に実現されている。こうして「つながり」のシステムは、かつてないスケールでの「分業」と「協業」を可能とする、社会経済活動に不可欠な要素になりつつある。 そのような「つながり」のシステムは、技術面からだけでは捉えられない「社会－技術システム」であり、中央集権的権威による制御が成立しにくい、オープンな多元・複合システムである。また、「あるシステム構造の下で参加者の行動が決定し、その行動の結果によりシステム構造が決定される」という再帰的・自己組織化システムである。このような、「つながり」のシステムに共通する「自己組織性」は創造・創発を促すが、一方、それをデザインすることは、「不良設定問題」を解こうとすることである。 システム工学では、「不良設定問題」を扱う場合、パラメータの数や未知の変数をできるだけ減じるために、システムのスコープを設定し、様々な拘束条件を与えることにより、「良設定問題」として捉えなおすのが基本である。しかし、「つながり」のシステムにおいては、自己組織性とそれに伴う創発性にこそ本質がある。そこで、本研究では、「不良設定問題」への代替的システムアプローチとなるモデリングフレームワークを提案する。 提案するモデリングフレームワークは、「現象論的レイヤ」と「超越論的レイヤ」のマルチレイヤから構成される。現象論的レイヤフレームワークは、起こっている現象を徹底的に理解するためのフレームワークである。現象を、根源まで遡って理解すれば、問題を具体的に定義することができ、解決策も自ずと見えてくる。しかしそれでも、システムへの参加者自らが参加するシステムを記述すると自己言及問題に陥る可能性がある。そこで、自己言及問題や集団思考などの過度の強化フィードバックを克服するために、超越論的フレームワークを設ける。 本論文では、前半にて本研究の背景と位置づけ、そして提案するマルチレイヤモデリングフレームワークについて述べる。後半では、「つながり」のシステムの代表例であるインターネットを主な題材として取り上げ、提案したフレームワークが、「自己組織性」へのシステムアプローチとして、妥当かつ有効性であることの例証を行う。 以上のように、本研究では、「つながり」のシステムをデザインするためのマルチレイヤモデリングフレームワークを提案し、実際の事例研究等により、その有効性を検討する。			
キーワード (5 語) モデリングフレームワーク、現象論的レイヤ、倫理、アーキテクチャ、超越論的レイヤ			

SUMMARY OF MASTER’S DISSERTATION

Student Identification Number	80933189	Name	Miya Kohno
Title A Modeling Framework for Designing “Connected” Socio-Technology Systems - A Systems Approach for Self-Organization -			
Abstract Today, we live in a “connected” age. The Internet itself is a “connected” system, where multiple organizations and multiple systems collaborate and interact closely, and more and more “connected” systems with various open collaborations have been being realized over the Internet. This enables unprecedented scale of “division of labor” and “cooperation”, and getting an integral part of the socioeconomic activities. Such “connected” systems are to be treated as Socio-Technology systems, because they cannot be well captured merely from the technical viewpoint. Also they are pluralistic complex systems, which are not be controlled by any centralized authority. Further, they are recursive and self-organized systems, where participants’ behavior is determined by the system structure and the system structure is determined by the behavior of participants. These characteristics are the source of creativity and emergence. At the same time, they make it difficult to apply the objective and top-down system engineering approach. This paper proposes a modeling framework, as an alternative approach to engineer such “connected” Socio-Technology systems, which are self-referential and self-organizing. For such systems, it is difficult to apply the canonical top-down systems engineering approach, where the scope and the objective of the system should be clearly pre-defined. The proposed framework consists of multi-layers, - “phenomenalistic layer” and “transcendental layer”. The phenomenalistic layer framework helps to observe and understand the actual phenomena in depth, and the transcendental layer framework helps to relativize the phenomena, overcome the self reference, or to avoid groupthink. And to exemplify the effectiveness of the framework, we pick up the Internet’s IPv4 depletion and IPv6 adoption issue as a case study, analyze the problem, and develop a design solution to cope with it, using the framework. As above, this paper proposes a multi-layer modeling framework, and exemplifies the effectiveness of the framework, through an actual case study.			
Key Word(5 words) Multi-layer modeling framework, Phenomenalistic layer, Ethics, Architecture, Transcendental layer,			

1. 序論	7
1.1 研究の背景.....	7
1.2 「つながり」の社会－技術システムとは何か	9
1.3 「つながり」のシステムをどう捉えるか	10
1.3.1 従来のシステムエンジニアリング方法論適用の困難性	10
1.3.2 「不良設定問題」と代替的システムアプローチの可能性.....	10
1.3.2.1 集積による普遍化可能性	11
1.3.2.2 現実におこっている現象からのデザイン導出.....	14
1.3.2.3 代替的アプローチの位置づけ	16
1.4 本研究の概要	19
1.4.1 先行方法論の概要	19
1.4.1.1 一般システム理論とその系譜.....	19
1.4.1.2 Systems of Systems Engineering	19
1.4.1.3 ソフトシステムズ方法論 (SSM)	21
1.4.2 モデリングフレームワークの目的.....	24
1.4.2.1 モデリングフレームワークとは何か	24
1.4.2.2 既存モデリングフレームワークのレビュー	25
1.4.2.3 「つながり」のシステムをデザインするためのモデリングフレームワーク	26
1.4.3 本研究の目的と位置づけ	28
1.5 本論文の構成	30
2. モデリングフレームワークの提案	31
2.1 現象論的レイヤ(Layer-[n])フレームワーク	33
2.1.1 現象論的レイヤ(Layer-[n])フレームワークの概要.....	33
2.1.1 「つながり」の社会－技術システムを規定する源泉.....	35
2.1.1.1 社会面（参加者や参加組織の行動）を規定する根源的要因.....	35
2.1.1.2 技術面（技術の実装）を規定する根源的要因	44
2.2 超越論的レイヤ(Layer-[n-1])フレームワーク	46
3. 「超越論的レイヤ」必要性の検証	49
3.1 合意形成の分析.....	49
3.1.1 インターネットコミュニティにおける合意形成の概要	49
3.1.2 メイリングリストでの合意形成	50
3.1.3 合意形成に関する考察	51
3.2 「調和」に潜む法則の分析	53
3.2.1 分析の概要.....	53
3.2.2 楽曲のネットワーク分析手法	53
3.2.3 取り上げた楽曲と分析の結果	55
3.3 第3章のまとめ.....	61
3.4 (付録) 超越論的レイヤフレームワークを利用した哲学概念の理解	61

4. 事例によるフレームワークの検証	64
4.1 インターネットにおける「倫理」と「アーキテクチャ」の抽出	65
4.1.1 インターネットにおける「ものごとの記述」	65
4.1.2 インターネットにおける「倫理」	67
4.1.3 インターネットにおける「アーキテクチャ」	71
4.1.4 「倫理」原則と、「アーキテクチャ」原則のまとめ	75
4.2 事例：IPv4 アドレス枯渇問題	76
4.2.1 何が起こっているのか	76
4.2.2 技術変遷の困難性	79
4.2.3 「倫理」と現実の分析	80
4.2.3.1 倫理 1 「徹底した直接民主主義」	80
4.2.3.2 倫理 2 「実証とプラグマティズム」	82
4.2.3.3 倫理 3 「不確定性への対処」	83
4.2.4 「アーキテクチャ」と現実の分析	84
4.2.4.1 アーキテクチャ 1 「コンヴァージエンスレイヤとしての IP」	84
4.2.4.2 アーキテクチャ 2 「” End-to-End 原則” と” Middlebox 許容” というダブルバインド」	85
4.2.4.3 アーキテクチャ 3 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」	87
4.2.5 他の事例との比較	88
4.2.6 フレームワーク適用による考察と問題の定式化	91
5. 結論	93
5.1 結論	93
5.2 今後の展望	94
謝辞	95

1. 序論

1.1 研究の背景

現代は「つながりの時代(“Connected Age”)」である。輸送機関の発達、インターネットの普及、そして貨幣を始めとするあらゆるもののデジタル化・仮想化により、社会・情報のグローバル化、経済活動のオープン化が急速に進み、ネットワークの重要性は高まるばかりである。我々の生活は、意識するしないに関わらず、ネットワークに大きく依存するようになってきている。

このような、ネットワークを中心とした、複数の参加者、参加組織により構成されるシステムを、本研究では、「つながり」の社会－技術システムと呼ぶ。システムとは、ある目的を達成するための複数の構成要素から成る集合体を意味する¹ため、まずは各構成要素の属性が重要である。しかし本研究では、各構成要素の属性よりも、それらの間に生成される関係性(＝「つながり」)や、関係性を規定する構造をより重視して、システムを捉える。

「つながり」により、組織や国境を越えたシステム開発がますます促進される。インターネットはそれ自体が大規模な「つながり」のシステムであるが、そのインターネット上には、Google、Amazon、iTunes と言ったグローバルで巨大な情報提供・共有の仕組み、Cloud Computing²と言った新たなサービス形態、SNS や Twitter、Wiki、各種投稿サイトなどの新たなコミュニケーションチャネルが、続々と出現している。さらにそれらが提供する API との連携により、別のサービスとのマッシュアップが行われる。また、金銭的報酬よりも、「人気」や「共有知」ということに主眼を置いた、オープンソースやフリーソフトウェアなどの新たなビジネスモデルも普及している。そして、個人や組織の多くが、これら「つ

¹ Oxford English Dictionary (以下 OED と略記)によるシステムの第一義的定義は、“An organized or connected group of objects” (組織された、または接続された、要素の集合体)である。また、JIS Z8121 では、「システムとは、多数の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの」と定義している。

² コンピュータ資源の仮想化とネットワーキングの進展により、ユーザが、コンピューティング環境を「所有」や「構築」するのではなく、「利用」する、というサービス形態が普及しつつある。クラウドコンピューティングによるサービスの総称として XaaS という言葉が使われることがある (SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service) など)。従来からコンピューティングのオンデマンドサービスは存在するが、実体が「ネットの向こう側」にある、という漠然性、偏在性を「クラウド」という言葉に代弁させたところ、流行語になった。米 NIST による定義は次のとおり。“Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.” (Mell & Grance, 2010)

ながり」のシステムによるサービスに関与するようになってきている。

このような、「つながり」のシステムによるオープンコラボレーション、オープンイノベーションによる可能性は計り知れない。人間社会は、「分業と協力」によって大きな成果を手にすることができる。「つながり」のシステムは、地理的距離、時差、国境、言葉の違いなどの様々な制約も克服するため、この「分業と協力」を、かつてないスケールで実現することができる。

しかし、そのようにして開発され成立したシステムが、何らかの限界や環境変化により壁に突き当たった場合にどうなるか。例えば、「ネットワーク上のセキュリティ犯罪や事故が急増するが、参加組織の考え方や取り組みがまちまちであるため有効な対策が打てない」、「それまで無線通信に使用していた周波数帯を、他の目的の使用に切り替えたいが、その周波数帯を使い続ける機器を撤廃しない限り、切り替えられない」、など。「つながり」によるシステムでは、システムに関与し意思決定する参加者や参加組織が自律的であるため、異なる見解を持ち、利害対立することもあり得るなど、常に不確定さを内包している。システム全体を統制するような中央集権的権力が無い、またはあったとしても十分でない場合は、尚更である。このような場合に、どのように困難を克服して壁を乗り越え、システムを継続・維持・改善、または刷新することができるのだろうか。然程ミッションクリティカルでなければ、そのシステムを一旦中断し、また新たなものを創ればよいが、既に、その他のシステム群や人々や社会がそのシステムに強く依存している場合は、そうは行かない。

本研究では、社会的要素の関与度が高い「技術」システム、即ち「社会－技術システム」を対象とするが、現代における「つながり」の社会システムは、総じて同じような様相を持つ。例えば、市場、国際関係、制度、政策など。これら「つながり」のシステムの特徴を一言で表すと、「自己組織化するシステム」である。

このようなシステムを「合理的に設計する」、などということは、それこそ「致命的な思い上がり」(ハイエク, 2009)であろう。しかし、全く何も為す術がないか、と言うとそうではない筈だ。本研究の動機は、こうした「つながり」のシステムのシステムデザイン³を考えることである。

³ 狭義の「デザイン」は、一般的には「合理的な設計解」を意味する。しかし、ここでの「デザイン」は広義のものである。即ち、合理的な解、最適解は導けないかもしれないが、何らかのデザイン指針を出すことを目的にする。「デザイン」という言葉は、広義には、「思考する(To contemplate), [OED 12]」、「輪郭を描く(To sketch, draw, [OED 14]」という意味も持つ。

1.2 「つながり」の社会－技術システムとは何か

ここでは、本研究が対象とする「つながり」の社会－技術システムについて、システムの分類、形態、特性について整理する。

1) システムの分類：「社会－技術システム」

システムは、大きく、自然システム、社会システム、人工物システムなどに分けられる⁴。本研究が対象とするネットワークセントリックな技術システムは、参加者や参加組織の行動、即ち、相互運用性、相互接続性、ユーザビリティ、ネットワーク効果といった、人間的・社会的な側面がシステム機能に大きく関与するため、単なる技術システムではなく、「社会－技術システム⁵」と捉える。

2) システムの形態：多元・複合的で、中央集権的権威が存在しないシステム

システムの形態としては、多元的な複数の参加者・により設計・開発・運用される、複合的協調システムである。複数の参加組織による自律システムが接続され、それらの協調、相互作用によってシステムの機能・ふるまいが決定する。中央集権的設計主体は存在しない。

3) システムの特性：自己言及的・再帰的に自己組織化されるシステム

システムへの参加者自らが、システム設計を行う。そのため、あるシステム構造の下で行動が決定し、またその行動の結果によりシステム構造が決定される、という、再帰的構造となる。さらに、複数の自律システムによるボトムアップ的な創発が起こり、システムは自己組織化する。

なお、本論文中、単に”「つながり」のシステム”と記述する場合も、特に断りが無い限り、”「つながり」の社会－技術システム“と同じ意味である。

⁴ システム分類に関する言及：「本専攻の研究・教育は、大きく自然システム、人工物システム、社会経済システムとそれらの融合分野からなり...」（東京大学システム創生学専攻、専攻理念より）<http://www.sys.t.u-tokyo.ac.jp/idea.html>、「本拠点では、人工物システムから社会システムまで...」（慶應義塾大学グローバル COE プログラム－環境共生・安全システムデザインの先導拠点、コンセプトより）、<http://www.gcoe-s4design.keio.ac.jp/concept/index.html>

⁵ Socio-Technology System. 技術的条件と人間的・社会的条件が、総合に影響を及ぼしながら構成されるシステム。ロンドンのタビストック人間関係研究所によって開発された、効率性のみならず労働過程における労働者の人間性を改善するための、組織構造と機能についてのシステム論に端を発する。

1.3 「つながり」のシステムをどう捉えるか

1.3.1 従来のシステムエンジニアリング方法論適用の困難性

従来のシステムエンジニアリング方法論の基本は、全体像を客観的に捉え、必要な要素に分解し、それら要素間の論理構造の整合を取ることである(Forsberg, Mooz, & Cotterman, 2005)、(Buede, 2009)。まず、システムを客観的に捉えることにより、スコープを明確化し、ステークホルダーを過不足無く洗い出し、要求分析を正確に行う。要求分析が正しければ、システムの目的を正しく定義できる。そして、目的を達成するために、実際に開発可能な単位(サブシステム)に分割することにより、複雑性を縮減し、堅牢なデザインを行う。さらに、それらサブシステムを、確実に組み上げることによって、大規模で複雑なシステムを実現することができる。また、システムのスコープを、便宜的にしても明確に線引きすることにより、システムを一時的にでも静的状態に置くことができる。こうすることにより、システムの振る舞いは予測可能になり、かなりの部分、決定論的方法論が適用可能になる。

しかし、この方法論で「つながり」のシステムを扱おうとすると、無理が生じる。まず、システムを客観的に捉えられない。スコープやステークホルダーを定義できず、オープンかつ動的であるため、決定論的に扱えない。システムの参加者、構成要素同士は常に相互作用をしており、そこにはフィードバック作用が起こるが、その影響は非線形で予測できない。さらに、要素の関連が複雑な場合は特に、フィードバックサイクルにタイムラグが発生するため、そのフィードバック作用に気付かなかつたり、短期的な反応と長期的な反応が全く逆になったりすることもある。

1.3.2 「不良設定問題」と代替的システムアプローチの可能性

以上のように、「つながり」のシステムをデザインする、ということは、「不良設定問題⁶」を解こうとすることである。システムのスコープを設定し、目的や前提といった様々な拘束条件を与える、というシステムエンジニアリング方法論の基本は、パラメータの数や未知の変数をできるだけ減らし、問題を「良設定問題」として捉えなおすためであった。

しかし本研究では、「つながり」のシステムにおける自己組織性⁷にこそ本質があると考え、

⁶ 数学的には、「良設定問題」は、1) 解が存在する、2) 解が一意である、3) パラメータを連続的に変化したとき解も連続的に変化する、という性質を持つ問題、と定義され、これ以外は「不良設定問題」である。その意味では、「デザイン」という行為は、逆推論問題である時点で既に「不良設定問題」の要素を持つ。そのため、「不良設定問題」に帰結する要因をできるだけ縮減し、「良設定問題」として捉えなおすことが、デザイン方法論の重要な要素である。

⁷ 自己組織性とは、秩序状態が自ずと生成してくることを意味する。河本英夫は(マトラ

「不良設定問題」に対処するための、代替的システムアプローチを追求する。以下、本研究における代替的システムアプローチへの基本的考え方と、他の方法論との差異を述べる。

1.3.2.1 集積による普遍化可能性

ある事象や行動を個々に捉えると、複雑極まりなく、全く予測がつかない。しかし、それを大群化すると、普遍的法則があることに気付かされる。よく、「人間が絡む社会現象は複雑すぎて科学では扱えない」、という話を聞くことがあるが、それは視点をミクロスコピックに設定し過ぎているのではないだろうか。

いくつか例を挙げてみたい。

図 1-1 は、国内の主要 IX⁸で計測したインターネットトラフィックの日次統計⁹である。

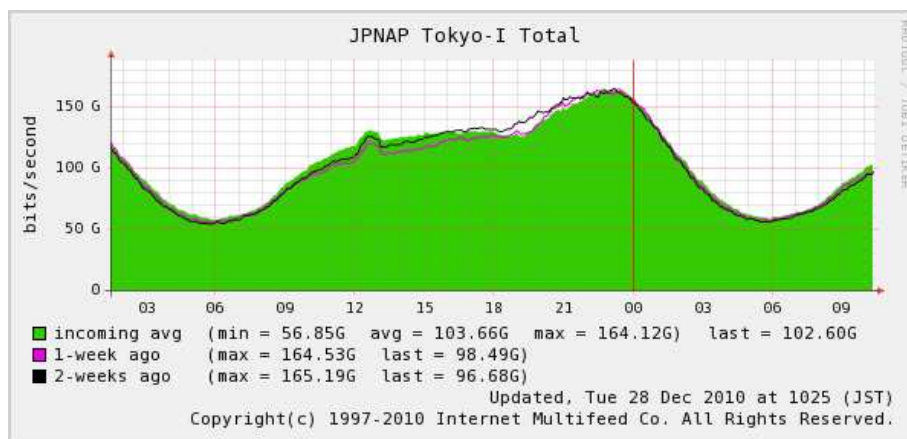


図 1-1 インターネットトラフィックの日次統計
(<http://www.mfeed.co.jp/jpnap-tokyo-i/traffic.html>)

個々人のインターネットの使い方は様々であろう。...昨日はたまたま外出先で友人に会い、そのまま飲みに行ったのでインターネットは使わなかった。今日は調べごとのために一日中 PC に向かい、かなりのデータ量をダウンロードしたが、それも一段落したので、明日どのくらいインターネットを使うかは、自分でもよくわからない。... 大体皆こんな風に、気まぐれにインターネットを利用しているのではないだろうか。しかし、大群化した統計

ーナ & ヴアレラ, 1991)への訳者解題の中で次のように記述している。「自己組織化とは、生成プロセスが、生成プロセス自体の開始条件になるようなプロセスである。」

⁸ Internet eXchange. ISP 間のインターネットトラフィックを交換するポイント。現時点では、日本のインターネット全トラフィックの 5-6 割が、IX を通過している。

⁹ <http://www.mfeed.co.jp/jpnap-tokyo-i/traffic.html>

を見ると、驚くべきことに、一日のトラフィック量と、その時間帯による変遷（昼休みにトラフィックが増え、その後一旦下がり、夜の11～12時にピークになる。ピーク時のトラフィックは160Gbps程度）は、一週間前の今日、そして二週間前の今日と、ぴたりと一致する¹⁰。

次に、Google Analytics¹¹の出力画面を図1-2に示す。

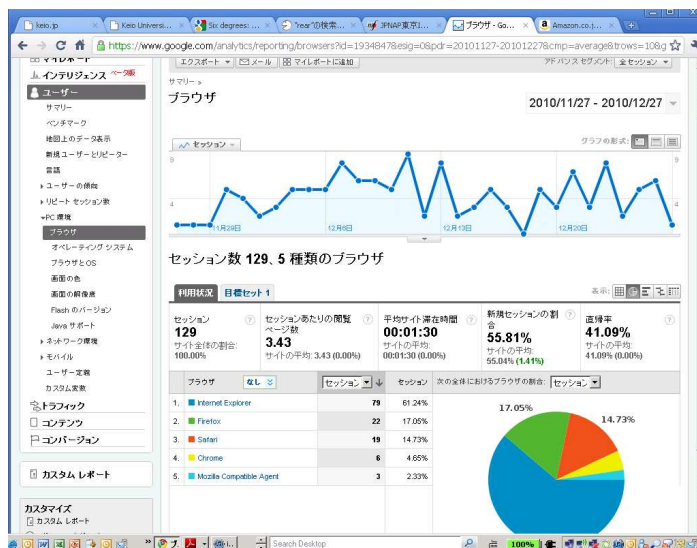


図 1-2 Google Analytics による Browsing 動作の統計 (<http://www.google.com/analytics/>)

Web Browsing するときの動作も、人によってまちまちであろう。しかし、このような統計により、Web designer は、多くの人々がどのリンクをどういう時にクリックしたか、どのページを何秒間閲覧したか、というフィードバックを瞬時に得、それをデザインの改良につなげることができる。Web サイトのデザインは、少し前まではアートの領域だったが、現在では、客観科学の領域と言える。

¹⁰ そのため、このデータは anomaly detection（異常・例外検出）に使われている。いつもとトラフィック分布が違う、ということは、何か例外的なことが起こっていることを意味する。例えばセキュリティインシデントによりネットワークの一部に異常があった、等のことを発見できる。なお、図のデータは年末に取得したが、前々週と比べると、夜の時間帯のトラフィックが僅かに減っている。忘年会シーズンであった。

¹¹ <http://www.google.com/analytics/>

1.3.2.2 現実におこっている現象からのデザイン導出

通常デザインは、「価値空間からデザイン解空間への逆推論により行われる」(Matsuoka & Hosoi, 2002)。逆推論とは、期待される結果からその原因となるもの（因果関係の逆）を求める問題である。即ち、「価値」¹⁴を目的関数としたデザイン解を導出するプロセスであると言える。

しかし、「つながり」のシステムでは、求める「価値」が自明ではない場合がある。（「市場」や「社会」がそうであるように。）価値が明確になっていなくても、何らかのメカニズム（＝構造）より、現在の在り様が規定されている。そのような場合は、現実におこっている現象、そしてその現象を規定している構造を捉えることが、デザイン導出のための方法論になる。

このことは、人間というシステムのデザイン活動に類似できる。人間の行動を考えると、毎日毎日不測の事態がおこっているにも関わらず、何とか対処しながら生き永らえ、そればかりか、大きな成果を達成したりしている。実り豊かな人生を送っている人は、将来を見越して、詳細に人生の計画を立てて来たのだろうか。おそらく答えは否である。さらに、(前野隆司, 2004)、(ベンジャミン・リベット, 2005)、(ノーレットランダーシュ, 2002)にあるとおり、最も主体的、能動的と思われる「意識」も実は仮想で、受動的に、後付けで辻褄を合わせているに過ぎない。

では人間は、ただ為す術もなく環境に流されて生きているかということ、そうではない。その時その時の判断や意思決定は受動的かもしれないが、それは、それまでに自らの内面に構築してきたメンタルモデルに、無意識のうちに従っている、ということもできる(J. D. Sterman, 1994)。

¹⁴ とはいえ、「価値」とは何か、というのは簡単な問題ではない。松岡によると「価値空間」とは、「社会的価値、文化的価値、個人的価値などの多様なスコープが含まれる心理的空間」としている(松岡由幸, 2008)。一方、「価値工学(Value Engineering)」領域においては、価値(Value)＝機能(Function)／コスト(Cost)と定義している。即ち、効用の向上とコストの低減により「価値」を高める、と定式化することにより、工学的実践が可能になる。なお、価値工学における価値分析を、「新知識の発見」から「普及伝達」・「応用」への連鎖と位置づける研究もある。(工藤市兵衛 & 尾藤信, 1983)

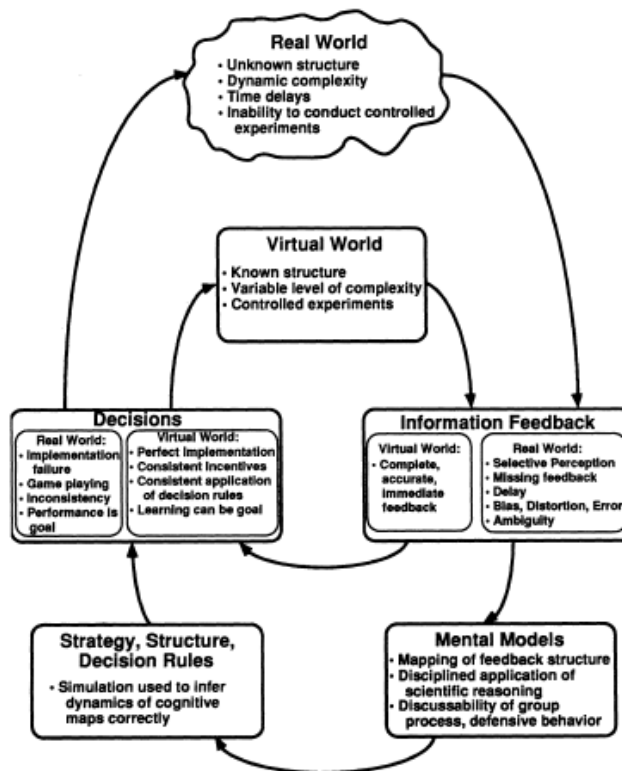


図 1-4 Sterman による Learning Loop (J. D. Sterman, 1994)

Stermanによれば、人間は環境と相互作用しながら、自らのメンタルモデルを構築している。その場その場の判断は受身的でありながらも、メンタルモデルを構築する過程としての日々の慣行（勉強、精神修養、楽器やスポーツや何かを達成するための練習・修行など）、そして外部からの情報の取捨選択については、ある程度は、自らの意思や志向に基づいて行っている¹⁵。

従って、本研究の対象である「つながり」のシステムのようにトップダウン的デザインを適用できない場合でも、モデル化を効果的に行うことによって、探索的にデザイン解を求めることができるのではないか。これが、代替的アプローチを考える上での、もうひとつの基礎である。

¹⁵ 勿論、その意思や志向自体が、外部の価値観を内面化したもの、とも言えるが、これもループであり、外在が先か内在が先かはここでは問わない。

1.3.2.3 代替的アプローチの位置づけ

以上のように、「つながり」のシステムを取り扱うための、即ち「不良設定問題」に対処するための、伝統的システム工学的アプローチに代わる、代替的アプローチの可能性を考察してきた。（これらは、本研究のモデリングフレームワーク提案の基礎になっている。）ここでは、その代替的アプローチの考え方について、他の方法論と対比させることにより、位置づけを試みる。

● 自然科学との対比

代替的アプローチが依拠する主たる科学的方法論は、ボトムアップ的なコンピュータ科学、ネットワーク科学である。それらと、自然科学との対比を図1-6に示す。理論（仮説）としては「モデル」が、実証方法としてはシミュレーションやヘテロデータマイニング、または実際のフィールドワーク、アクションリサーチなどが、自然科学における数式や実験を代替することになる。

この方法では、自然科学のように、理論からの演繹とデータからの帰納で物事を結論することはできない。しかし、モデルの妥当性向上、およびコンピューティングとネットワークキングの性能向上により、探索を、単なる試行錯誤にさせないことができる。また、条件を変えた探索が行えるため、客観的な自他分離が困難な自己言及システムにも対応可能である。むしろ、フィールドワーク、アクションリサーチなどシステム分析者が、そのシステムに実際に参画・関与することによって、モデルの妥当性をより向上させることができる

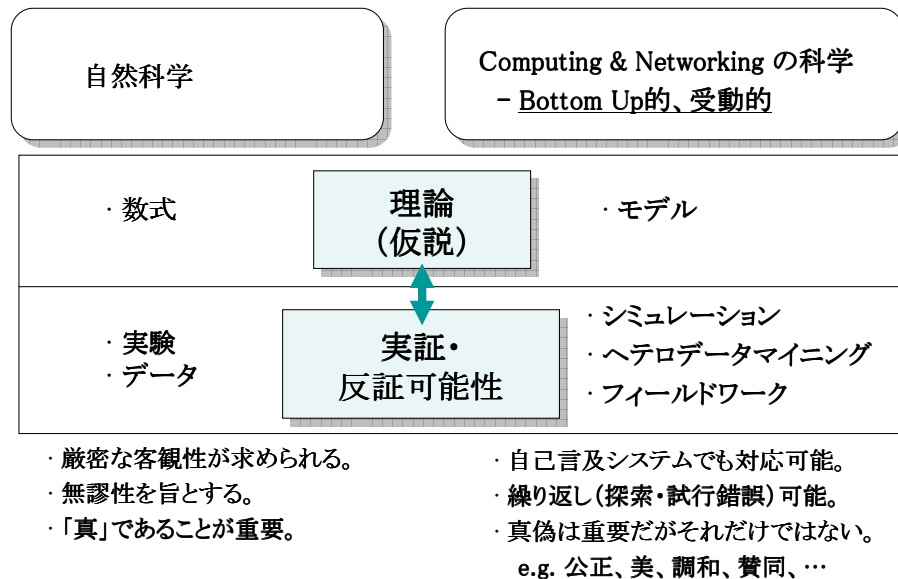


図 1-5 代替的アプローチが依拠する科学的方法論と自然科学との対比

● 一般的なデザインとの対比

一般的なデザインでは、まずはシステムの「目的」や「価値」を定義し、その定義した「目的」や「価値」に一致させるためのデザイン解を逆推論する。

代替的デザインアプローチでは、予め「目的」や「価値」を定義できないシステムを対象とするため、現実には起こっている「現象」から問題を抽出し、それに対して解を与える。

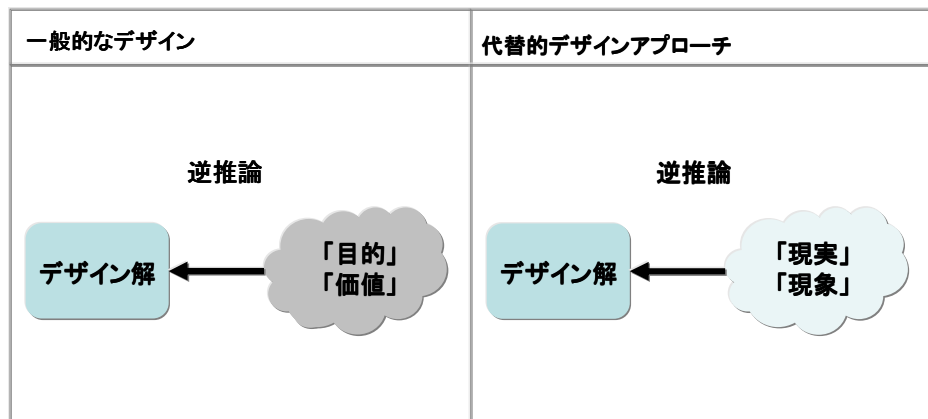


図 1-6 代替的アプローチによるデザインと一般的なデザインの対比

● 従来のシステムエンジニアリング方法論との対比

1.3.1で述べたとおり、従来のシステムエンジニアリング方法論の基本は、全体像を客観的に捉え、システムのスコープ境界と目的を明確に定義し、必要な要素に分解し、それら要素間の論理構造の整合を取ることであった。即ち、システム分析者が分析対象を扱いやすくするために、主に¹⁶分解を行う。

代替的アプローチが対象とするシステムは、スコープ境界を明確に定義できず、オープンで動的な相互作用が起こっている。このため、システム分析者が分析対象を扱いやすくするために、主に¹⁷集積化、抽象化、メタ化を行う。

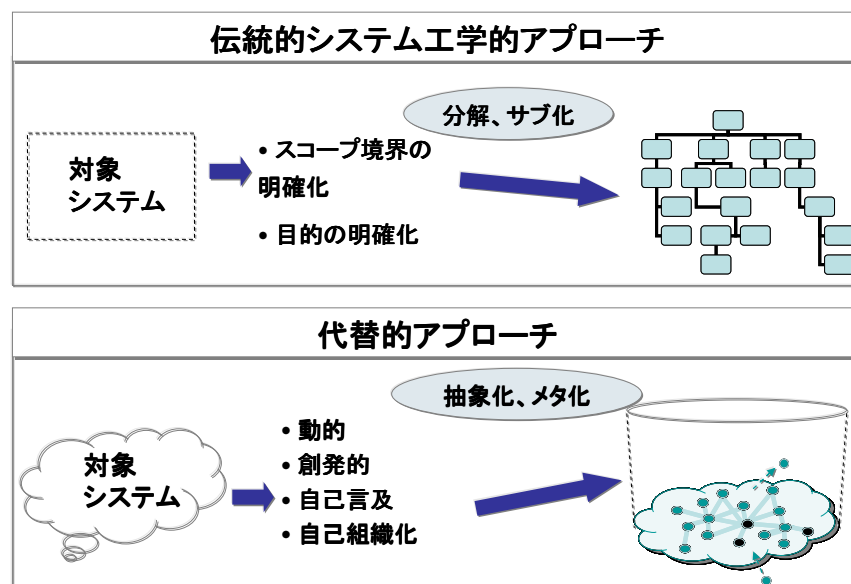


図 1-7 代替的アプローチと従来のシステムエンジニアリングアプローチの対比

¹⁶ あくまでも「主に」である。必要に応じて抽象化も行う。

¹⁷ 同上。可能な範囲では積極的に分解も行う。

1.4 本研究の概要

1.4.1 先行方法論の概要

1.4.1.1 一般システム理論とその系譜

20世紀中盤に、それまで科学的手法として主流であった、要素還元的方法論とは異なるアプローチが相次いで提唱された。イギリスの精神科医であったW.Ross アシュビーは、システムを動的開放システムと捉え、「多様性だけが多様性を解決することができる」という最小多様性の法則を提唱した(Ashby, 1958)。アメリカの数学者・情報学者ウィーナーは、システムにおけるフィードバックを捉えるサイバネティクス理論を確立した。そして、オーストリアの生物理論学者であるベルタランフィは、一般システム理論(ベルタランフィ, 1973)を提唱した。どの理論も、システムを要素還元的ではなくホリスティックに捉え、また外界と常に動的な相互作用を行う開放系として扱うところが共通している。但し、サイバネティクスは機械論的にも応用されたのに対し、ベルタランフィは、生物の有機的統合を重視し、機械論的システム論を否定した。

これらシステム理論は、オペレーションズリサーチやコンピュータ科学などの「システム工学」への系譜、カオス、人工生命、自己組織化、創発といった現象を扱う「複雑系科学」への系譜、そして認識論、現象論といった哲学概念とシステム論を融合する「システム哲学」への系譜の基礎となっている。さらに、心理学や社会学、平和学など、他領域への影響も大きい。「システムをシステムとして捉える」ということの源流が、ここにある。

1.4.1.2 Systems of Systems Engineering

システムズエンジニアリングの分野においては、米国防総省が中心になり、主に、国際化・多元化・複雑化する防衛システムをエンジニアリングするために、Systems of Systems (以下SoS) という概念を導入した。SoSは、"Defense Acquisition Guidebook" (Management Concepts (Firm), 2006)によると、「それ自体が有用で独立した複数のシステムが、特有の機能を提供するより大規模なシステムへと統合された、システムの集合体」と定義されている。

(M. W. Maier, 1998)によるSoSの特徴を、表1-1に示す。SoSの特徴は、1.2で論じた「つながり」のシステムの特性と、かなりの部分共通であることがわかる。

表 1-1 Systems of Systems の特徴、(M. W. Maier, 1998)を基に作成

1. 運用の独立 (Operational Independence of the Elements)	SoSを構成する各システムは独立して運用されている
2. 管理の独立 (Managerial Independence of the Elements)	運用が独立しているだけでなく、管理主体も別々である。
3. 進化的開発 (Evolutionary Development)	SoSには完全形といったものが存在せず、機能は進化的に開発され、その目的も、経験に応じて追加、削除、変更される。
4. 創発的ふるまい (Emergent Behavior)	システムは全体として、それぞれの個別のシステムには存在しないような機能や目的を遂行する。システムの主な目的は、このような創発的ふるまいにより達成される。
5. 地理的分散 (Geographic Distribution)	個別システムの地理的な位置に制約されることがない。

次に、(DoD, 2008)によるSoSの分類を示す(表1-2)。

後者ほど中央的な統制度が強く、“Directed” SoSは、ほぼ通常のシステムとサブシステムの関係と同様に捉えることができる。

表 1-2 Systems of Systems の分類 (DoD, 2008)を基に作成

Virtual (仮想的)	中央的な権限は無く、SoSの目的についても明確に合意されたものは無い。これはおそらくは望ましいことで、大規模な創発が起こりえる源泉である。しかしそのシステムを維持するためには、比較的目にみえないメカニズム(relatively invisible mechanism)に依存することになる。
---------------	---

Collaborative（協調的）	共通の目的のために、各構成システムが自発的に相互作用する。インターネットはCollaborative SoSである。標準化母体であるIETF(Internet Engineering Task Force)は標準の策定をするが、強制力はない。
Acknowledged（承認された）	所有権、目的、資金調達、開発、維持の方針に関しては、各構成システムに委ねられているが、SoSの目的、指定された管理者、リソース等については承認・認識されている。
Directed（監督下の）	統制的なSoSであり、特定の目的を果すために、中央的な設計主体により構築され管理される。各構成システムは独立的に運用されるが、その目的は、中央の目的に準ずるものである。

インターネットは”Collaborative”に分類されているが、最近ではステークホルダーが急増し、それらが必ずしも一つの共通の目的を持っているとはいえなくなっているため、”Virtual”に近い”Collaborative” SoSと言った方が適切と思われる。

なお、この4種類のSoSのうち、現時点におけるSoS Engineering Guideline(DoD, 2008)の対象は、”Acknowledged” SoSに限定されている。“Directed” SoSは、独立な運用主体を持つ複数システムから構成されるSoSではあるものの、中央による統制が強固であり、通常のシステムーサブシステムの関係で捉えることができるため、特別なガイドラインの必要性は少ない。また、”Acknowledged” SoSが近年著しく増えている、というのが、現行ガイドラインが”Acknowledged” SoSに注力している理由である。一方、承認・認識もされていない、オープンで自己組織的な”Collaborative”, “Virtual” SoSは、「不良設定問題」であるため一先ず措かれている、という側面もあるであろう。

1.4.1.3 ソフトシステムズ方法論（SSM）

システムズ工学的アプローチと対極をなすのが、チェックランドの提唱するソフトシステムズ方法論である(Checkland, 1990)。システムズエンジニアリングでは、対象を客観的に捉え、そのシステムの目的は外から与えられる、と考えるのに対し、SSMは、システム設計者が主体的にシステムに介入(intervene)し、システムの目的は内在的に生成される、とする。SSMは、何らかの解決策を出すための手法というよりは、繰り返し行われる探索プロ

セスであり、学習過程である。また、複雑な状況について考える方法（a way to think about complexity）でもある。SSMの大きな特徴は、具体的・実践的な思考と、抽象的・哲学的な思考を二重に廻す、というところである。SSMでは、実践と理論は車の両輪で、片方が軽視されることは許されない。

図1-6に、SSMのプロセスを示す(Checkland, 1990).

現実の問題状況(A real world problem situation)が認識されるが、その問題の背後には歴史(history)が存在するはずである。問題状況の改善者になる人(would-be improvers of the problem situation)は、論理的分析の流れ(logic-based stream of analysis)と、文化的分析の流れ(stream of cultural analysis)の、両方の探索の流れを統合することにより、状況を改善するための変革を導く。

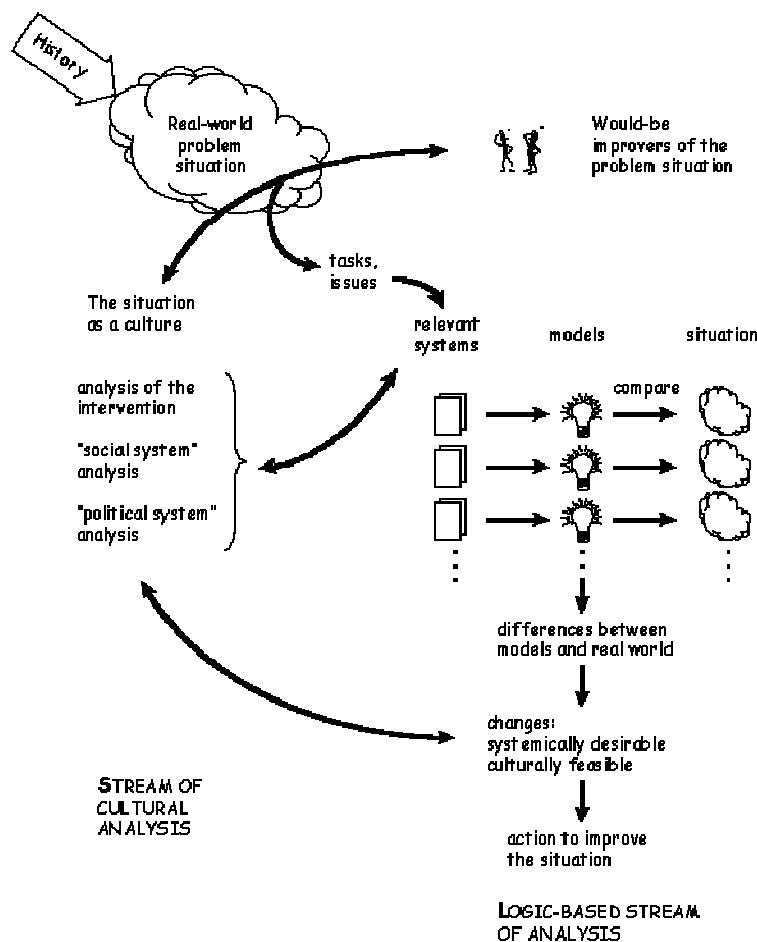


図 1-8 SSM のプロセス (Checkland, 1990)

本研究におけるシステムアプローチや考え方は、かなりの部分 SSM と共通している。但し、SSM は、実践的な行動指針に力を入れるあまり、システム工学的アプローチをハードシステムアプローチと強く批判し、それと対立している。本研究は、あくまでもシステム工学を基本とし、システムデザイン方法論の一つとしての拡張を目指している。

1.4.2 モデリングフレームワークの目的

1.4.2.1 モデリングフレームワークとは何か

本研究ではモデリングフレームワークを提案するが、モデリングフレームワークとは何か。

まず、モデリングとは、対象となるシステムから、本質的に重要と思う事項を抽出し、それを記述・可視化することである。

図1-9に、モデリングと、観測・設計・実践の関係を示す。

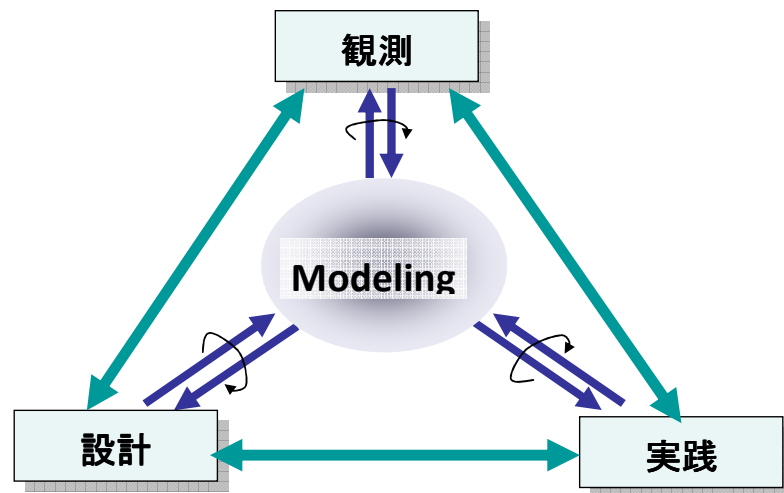


図 1-9 モデリングと、観測・設計・実践

モデリングは、観測、設計、実践という、システムデザインプロセスのいずれのフェーズにおいても有効である。システム分析（観測）のためのモデル、設計のためのモデル、そして実際の実装や運用（実践）のためのモデル、など。またモデル化による行為の結果は、モデリングに再度フィードバックされるため、反復的にモデルを精緻化することができる。

そして、モデリングフレームワークとは、モデリングのための視点、基準や指標、概念などを提供する、思考の枠組みである。

1.4.2.2 既存モデリングフレームワークのレビュー

主にシステム工学とビジネス分野においては、既に数多くのモデリングフレームワークが存在する。システム工学の分野では、1970 年台に米国で開発された IDEF(Integrated DEFinition for process modeling)(IEEE, 1998)が、企業活動や業務システムを記述するための標準的フレームワークとして定着しており、現在でも拡充が行われている。日本オペレーションズリサーチ学会では、IDEF について、「ソフトウェアを含む大規模な人間 / 機械システム構築の設計支援用に開発された構造化分析・設計技法の 1 つ。複雑な対象を要素図形とその接続関係とで表現することによって、関係者が共通的に理解することを支援するための概念、および手法と規約の集合体である。様々な活動を普遍的なかたちで記述できるので、システムの設計・構築・運用を検討する際に共通の理解が得られる」と評している。その他のフレームワークとしては、ペトリネット(Meseguer, 1990)、DFD(DeMarco, 1979)などがある。システム工学的モデリング手法の特徴はやはり、システムの目的、範囲が明確であり、それらを理解したシステム分析者が存在することである。「IDEF0 作成のプロセスは、業務専門家と分析者との対話プロセスである。」(熊谷敏, 2004)

一方、予測できない対象領域を扱うビジネスインテリジェンスの分野においては、システム工学分野と比べて、システムのスコープが不明確にならざるを得ない。スコープを定められないということは不確実性が高まることを意味するが、その不確実性に対処するために、SWOT 分析(Humphrey, 2004)やシナリオ分析(北岡元, 2009)が用いられる。

SWOT 分析では、内的要因（当事者のコントロールが及ぶ範囲）でのプラスマイナス要因を Strength（強み）、Weakness（弱み）とし、また外的要因（当事者がコントロールできないもの）でのプラスマイナス要因を Opportunity（機会）、Treat（脅威）とする、4 つの象限を用いて、現状分析を行い、改善に結びつける。

シナリオ分析は、起こりうるシナリオを洗い出し、それらを、起こり易さ（そのシナリオが実際に起こる確率）と、起こった時のインパクトの大きさを直交させた座標にプロットさせるフレームワークである。この分析により、起こり得る確率が高く、かつ、起こった時のインパクトが高いシナリオに対して、重点的に対処することが可能になる。

エンタプライズアーキテクチャの領域では、Zachman Framework(Zachman, 2003)が有名である。Zachman Framework は二次元のマトリクスで、縦方向にステークホルダーとその観点（Planner [Scope], Owner [Business Model], Designer [System Model], Builder [Technology Model], Subconstructor [Detailed Representation]）、横方向に具体的な内容（Data [What], Function [How], Network [Where], People [Who], Time [When], Motivation [Why]）を配する、分類スキーマである。このフレームワークを適用し、マトリックス内の各セルを埋めることにより、企業活動を過不足無く表現することができる。また、ビジネス活動の目的やミッションと、システムの技術実装を一致させることができる。また、二次元のマトリックス

は整理し易いためか、他のフレームワークの Zachman フレームワークへのマッピングも行われている。

なおシステム分析者が、ステークホルダーや真の顧客を見逃したり、真の目的を見失う、ということが起こりえるが、その場合上流工程における前提を踏み違えることになり、ダメージが大きい。この部分を補完する手法としては、CVCA(Customer Value Chain Analysis)(Donaldson, Ishii, & Sheppard, 2004)、Value Graph(Beiter, 2010)などがある。CVCA では、ステークホルダーを漏れなく洗い出し、その相互関係と価値（モノ、金、情報など）のやりとりをモデル化する。また、Value Graph は、目的と認識していることのさらに深層を、段階的に辿ることによって、表層的に理解されている目的とは異なるかもしれない「ほんとうの」目的を定義することが可能になる。

1.4.2.3 「つながり」のシステムをデザインするためのモデリングフレームワーク

本研究では、「つながり」のシステムをデザインするためのモデリングフレームワークを提案する。なお、ここでのデザインは、新たなものをゼロから作り上げるためのデザインとは異なる。また、1.3 で論じたとおり、「目的」や「価値」が与えられ、それにむけて最適化するデザインとも異なる。「つながり」のシステムは、自己組織化的に生成されるシステムであるため、デザイン活動の主眼は、既に存在しているシステムについて、「問題があれば解決し、よりよい方向に導く」、というところにある。そのため、現在起こっていることを深く理解し、問題があればそれを解決することが、「つながり」のシステムを対象とした場合のデザイン活動になる。

問題解決とは、「目標、到達するための方法、求めている結果を得るための手段が明確でない、といった事態（問題事態：Problem Situation）に直面した際に、その方法・手段を発見して目標に到達し、結果を得ること」を言う(Kepner & Tregoe, 1965)。問題解決は、大きく、問題の定式化（Problem Formulation）と狭い意味での問題解決（Problem Solving）から構成されるが、「問題の設定が正しく行われれば、解決したのも同然 ”A problem well stated is a problem half solved.” -- Charles F. Kettering」と言われるように、問題の定式化は重要である。

問題を正しく理解すれば、後は、自ずと何をすればよいかが見えてくる。これは、探索的行動に近いかもしれない。しかし、対象が多様で複雑な場合¹⁸、一意に決まる「正答」は

¹⁸ ところで、多様性、複雑性が進化と安定性を齎すことは、複数の分野で報告されている。前述 Ashby の論文(Ashby, 1958)を始め、金子らは「個体間の相互作用が強い場合には突然変異率は高く保たれ、多くの異なる遺伝子をもつ集団がその内部ではお互いに変異をしつつ集団として遺伝子プールを残すことになる。」「少数自由度のカオスの集まったようなダイナミクスでは個体数の変動は激しい。その結果、外から小さな摂動が加わると簡単に絶滅してしまう。これに対し多くの種類の個体の相互作用で保たれたホメオカオスでは個体数の変更はずっと小さく抑えられるために小さな摂動では絶滅にはいたらない。」と述べている(金子邦彦, 1994)。

存在しない。むしろ、「直接その答えを探すような方法論は得てして失敗するものだ(池上高志, 2007)。」

多様な探索を経ながら、対象を象って行く作業は、ウィトゲンシュタインの後期の言語観にも共通するものがある。彼は「哲学探究」(Wittgenstein, 1953)第 23 節に、次のように記述している。

「言語は、何よりもまず、活動として捉えられる。」「以下に挙げる例や、あるいは他の例において、言語ゲームの多様性を想像せよ。」

- 命令し、それに従って行動する
- ある対象を観察によって、または測定によって記述する
- 記述（図面）を元に対象を作る— 経過を報告する
- 経過を推測する
- 仮説を立て、検証する
- 実験の結果を表やグラフで描写する
- 物語を作り、読む
- 劇を上演する
- 輪唱する
- 謎を解く
- 冗談を作り、話す
- 計算の応用問題を解く
- ある言語から別の言語へ翻訳する
- 願う、感謝する、罵る、挨拶する、祈る

モデルの目的は、この探索活動を単なる試行錯誤とするのではなく、常にベースとなるモデルを参照し、現象、行為や結果の分類・体系化を行うことにより、再現性を高めることである。

1.4.3 本研究の目的と位置づけ

以上を踏まえ、本研究の目的を、“To-By-Using”によりまとめる。(表 1-3)

表 1-3 本研究の目的

To	「つながり」のシステムをデザインするための、モデリングフレームワークを提案する。 そして、実際の事例に適用させ、その妥当性・有効性を検証する。
By	- 行動理論・モデルの研究 - システムモデリング、アーキテクチャフレームワークの研究 - ケーススタディ
Using	システム理論、システム思考、アクションリサーチ、SSM、システムダイナミクス、ネットワーク分析

また、本研究の位置づけを表 1-4 に示す。

表 1-4 本研究の位置づけ

研究の基礎・論拠となるもの	システム工学、システム理論
研究対象	「つながり」の社会－技術システム → 自己組織化するシステム → Systems of Systems (SoS) の一形態である、Collaborative & Virtual SoS

新規性	・システム工学への拡張としての「代替的アプローチ」 ・マルチレイヤフレームワークの提案 - 現象論的レイヤ - 超越論的レイヤ ・実際の事例への応用と検証
-----	---

また、図 1-10 に、本研究の領域を図示した。SE(Systems Engineering)の拡張としての、SoS E(Systems of Systems Engineering)の一部である。実際には、SSM と重なる部分もある。

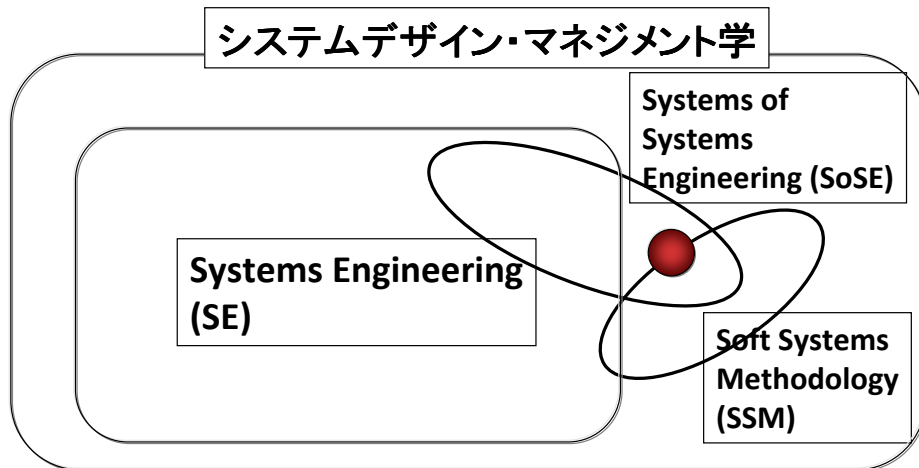


図 1-10 本研究の領域

1.5 本論文の構成

本論文の構成を図 1-11 に示す。

第 2 章で、「つながり」の社会－技術システムをデザインするための、モデリングフレームワークを提示する。フレームワークは、現象論的レイヤフレームワークと、超越論的レイヤフレームワークの、マルチレイヤ構成になっている。

第 3 章では、「超越論的レイヤ」フレームワークの必要性を検証する。

第 4 章では、インターネットにおける IPv4 アドレス枯渇問題を事例として取り上げ、第 2 章で提案したフレームワークを適用し、問題分析を行う。

第 5 章で、結論と今後の展望を述べる。

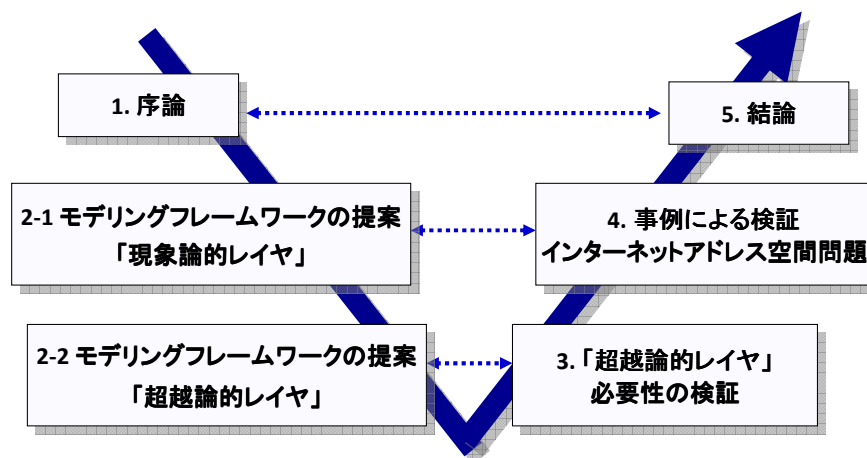


図 1-11 本論文の構成 (V-model)

2. モデリングフレームワークの提案

本章では、モデリングフレームワークの提案を行う。フレームワークは、現象論的レイヤ (phenomenalistic layer) フレームワークと、超越論的レイヤ(transcendental layer)フレームワークの、マルチレイヤにより構成される。

現象論的レイヤフレームワークは、システム分析者が、現実に行っていること、現象を、その現象を生じさせている根源まで深く理解することを可能にすることを目的とする。現象根源まで遡って徹底的に理解すれば、問題を具体的に定義することができ、解決策も自ずと見えてくる。

しかし、システム分析者もシステム参加者である「つながり」のシステムでは、自らが自らを記述する、という自己言及性が問題になる可能性がある。また、ダイナミックなフィードバック作用が起こっているため、集団思考や同調圧力が起きている可能性もある。そこで、これらを超越論的¹⁹に見直し、自己言及の問題などを相対化して克服するために、超越論的レイヤフレームワークを設ける。

なお、フレームワークに階層性がある場合、その階層に数字を割り当てることにより、そのフレームワークがどの階層にあるのかを明示的にすることが多い。階層の混同は不整合や誤解の元になるので、明示化し混同を避けることは重要である。例えば前述の IDEF では、それぞれ IDEF0 が Function model、IDEF1 が Information model、IDEF2 が Dynamic model となっており、IDEF0 が最も高次元である。また OPM(Object-Process Methodology)(Dori, 2002)では、全体の System Diagram を Top-level OPD (Object Process Diagram)と位置づけ、それを level-0 と呼ぶ。Top-level OPD が最も抽象度の高い level で、下位 level によりそれを詳細化する。整数部の違い(0, 1, 2,...)で階層の違いを表し、同じ階層に複数のものが存在する場合は、小数部を使って(1.1, 1.2, 1.3...)識別する。

当初、超越論的レイヤを「layer-0」、現象論的レイヤを「layer-1」とし、それ以降の詳細化を「layer-2」以降にすることを考えたが、本フレームワークにおける「超越論的レイヤ」は、分析・記述対象を、分析・記述する主体との階層を分けるために、分析・記述者自ら

¹⁹ 「超越論的(transcendental)」という用語について。実際に超越しているかどうかではなく、自己の視点と論理の限界を認識し超越を試みる、ということに主眼があるため、「超越的(transcendent)」という用語とは区別される必要がある。カントの「純粋理性批判」は「理性(論理)」の限界を認識することが主題であるため、「超越論的」哲学である。また、現象学の領域における、「超越論的還元」、「超越論的自己」、「間主観性」という概念も、自己や主観的経験の克服により、デカルト的二元論世界観の克服を試みている点で、やはり「超越論的」である。本論文では十分に論じることができなかったが、筆者は、システム設計手法、特にシステムの観測や分析を扱う方法論において、「超越論的」哲学概念との接続をより深める必要があると考えている。

を一段「超越論的な」レイヤにしているに過ぎない。即ち、場合によっては、さらにそのレイヤの限界を認識し、「超越」する必要があることがありえる²⁰。そこで、本研究では、現象論的レイヤを「layer-[n]」、超越論敵レイヤを「layer-[n-1]」と、相対表記することにする。

²⁰ 前野(前野隆司, 2010)は、世界をシステムとして捉える思考法として、要素還元思考(分析的世界理解)、システム思考(世界の構造の論理的理解)、ポスト・システム思考(論理的限界の理解と不条理の調整)、システム思想(論理と不条理の全体に対する肯定的な納得、あらゆるフェーズの同時並立の許容、フェーズの境界の超越)という4つの段階を提唱している。そして、ポスト・システム思考の限界として自己言及の問題を挙げ、「システム思想」の段階では、論理を超越し、無の境地に達することにより、自己言及を克服する。確かに、一段相対化しただけでは、今度はそのレイヤの自己と論理に拘束されることになるため、自己言及の問題を完全に克服しているとは言えない。前野思考法における「システム思想」の段階が、本フレームワークでの「layer-0」に相当するのであろう。

2.1 現象論的レイヤ(Layer-[n])フレームワーク

本節では、現象論的レイヤ（phenomenalistic layer）フレームワークを解説する。

2.1.1 現象論的レイヤ(Layer-[n])フレームワークの概要

現象論的レイヤ(Layer-[n])フレームワークを、図 2-3 に示す。

「つながり」のシステムに実際に起こっている現象を規定する大きな要因として、参加者や参加組織の行動を規定する「倫理」と、技術実装を規定する源泉「アーキテクチャ」がある。システム分析者は、この点に着目し、現状を分析、理解することにより、起こっていることの根源まで遡って理解することが可能になり、問題の定式化が促進される。

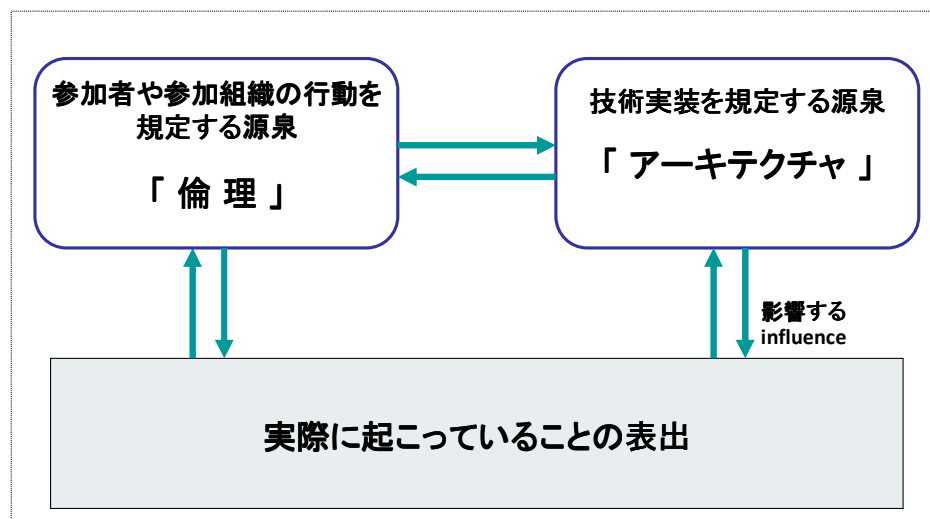


図 2-1 現象論的レイヤ(layer-[n])フレームワーク

「倫理」と現実、「アーキテクチャ」と現実は、相互に影響しあっている。（「つながり」のシステムにおいては、「倫理」や「アーキテクチャ」も、自生的(spontaneous)に自己組織化される。）また、「倫理」と「アーキテクチャ」も、相互に依存し、影響を与え合っている。これらの相互作用は、ルーマン（「複数のシステムが自律的でありながら、相互に依存し、影響を与え合いながら共進化する様子(クニール & ナセヒ, 1995)」）やヴァレラ（「あるシステムが他のシステムに継続的に影響を与え続ける(ヴァレラ & マトゥラーナ, 1997)、(ヴァレラ, ロッシュ, & トンプソン, 2001)」）が言うところの、「構造的カップリング」と捉えられる。

現象論的レイヤフレームワークの実際の適用方法を次に示す。

- 1) 背後にある「倫理」の抽出、分析・記述
- 2) 背後にある「アーキテクチャ」の抽出、分析・記述
- 3) 今何が起きているかの分析・記述
- 4) 今起きていることと、1), 2)との照合
- 5) 問題の定式化

便宜上 1)-5)と番号をつけているが、順番は前後してもよい。また実際は、逐次的というよりは、反復のプロセスになるであろう。なお、分析・記述を効果的に行う手法としては、エスノメソドロジー(ガーフィンケル, 1987)、(前田泰樹, 水川喜文, & 岡田光弘, 2007)、ケースライティング(京都大学フィールド情報学研究会, 2009)、パターンランゲージ(アレグザンダー, 1993)、(Alexander, et al., 1977)などが参考になる。

チェックリストの参考例を表 2-1 に示す。

表 2-1 「現象論的レイヤフレームワーク」チェックリスト参考例

今何が起きているか	
-- その現象の根源となる「倫理」は何か	
-- その現象の根源となる「アーキテクチャ」は何か	
「倫理」と「アーキテクチャ」は整合しているか	
「倫理」と現象は整合しているか	
「アーキテクチャ」と現象は整合しているか	

次項にて、なぜ「倫理」と「アーキテクチャ」を、現実には起こっている現象を規定する根源的な要因としたかについて、説明する。

2.12 「つながり」の社会－技術システムを規定する源泉

2.1.2.1 社会面（参加者や参加組織の行動）を規定する根源的要因

「つながり」のシステムに参加する個人や組織の行動を規定する根源的要因は何か。これを考察するために、人間の行動モデルに関する研究を調査した。

最も基本的なものは、ミクロ経済学における効用最大化理論であろう。個人は、ある制約（予算など）のもとで、効用関数 $u=U(x, y)$ の値が最大となるような選択行動をする。

その後提出された様々な行動モデルは、大きく「時間的拡張」と、「空間的拡張」に分けられる。

2.1.2.1.1 行動モデルの「時間的拡張」

ミクロ経済学における効用最大化モデルは「即時的」であるが、行動に当たっての状態遷移や、段階の推移をモデル化したものを、ここでは「時間的拡張」と呼ぶことにする。

この時間的拡張は、さらに2つに分れる。

一つ目は行動主義的アプローチである。その基礎となるのは、人間の内的・心的状況には依拠せず、行動の機序を、刺激(Stimulus)とその反応(Response)と捉える、S-R モデルである(Watson & Rayner, 1920)。その後、C.L ハルは、刺激に対する反応（行動）を規定する「媒介変数」を設定することで人間の複雑な行動を理解することができると考え、S-R モデルを改良した S-O-R モデル(Stimulus-Organism-Response Theory)を提示した。(C.L.ハル, 1960)。この理論においては「O(Organism, 有機体)」が刺激・反応に影響を与える媒介変数になっている。これにより、個人の状態が、行動を左右することを説明できる。ハワードとシェスはこのモデルを、消費者の選択行動を説明するのに利用した(Howard & Sheth, 1969)。行動主義的アプローチの利点は、モデルを定量的に扱うことができ²¹、かつ実証実験が比較的容易な点である。そのため、最近でもこのモデルを応用した研究は多い²²。

二つ目は行動主義の対極で、個人の心理プロセスを重視したモデルである。

²¹ 刺激 x に対する反応を y とすると、 $y=f(x)$ で表せる。

²² (Walter, Piegorsch, & Bailer, 2005)など。

サミュエル・ローランド・ホール(1929)はAIDMAモデルを提唱した。これは、行動に至るまでの経緯を、Attention(注意)→Interest(関心)→Desire(欲求)→Memory(記憶)→Action(行動)という、段階的仮説モデルとして表現したものである。これにより、購買行動を促進させるためには、各段階の心理に合った適切な情報提供(広告活動)が必要ということが帰結された。最近では、AISAS(Attention(注意)→Interest(関心)→Search(検索、口コミサイトなどのメディアのチェック)→Action(行動)→Share(感想や商品評価などのシェア)や、AISCEAS(SearchとShareの間に、Comparison(比較)→Examination(検討)が入る)など、ネットワークセンタリック時代の口コミ等による情報伝播を考慮した拡張が行われている。

このような個人の心理プロセスを考慮した段階モデルは、マーケティング分野のみならず、新技術導入のモデルとしても適用されている。

E.M.ロジャースは、技術導入の段階モデルとして、KPDICモデルを提唱した(Rogers, 1986)。Knowledge(知識)→Persuasion(説得)→Decision(決定)→Implementation(実装)→Confirmation(確認)。そして、P(説得)の段階において、次の5つの要素が検証される、としている。

- 1) Relative Advantage (相対的優位性)
- 2) Compatibility (相互互換性)
- 3) Complexity (複雑性)
- 4) Trialability (試行可能性)
- 5) Observability (観測可能性)

また、D(決定)の段階において、reject/accept が判断される。これは、たとえ新技術の採用が決定されても、実装(導入や活用)には至らない場合がある、ということ意味する。新しい技術の導入は、技術自体の未成熟や、導入する側の理解度・習熟度不足など、様々な障壁や困難を伴うことを表すモデルである。

一方、精神科医のエリザベス・キューブラー・ロスは、DABDAモデルを提唱した(Kübler-Ross, 1969)。Denial(否認)→Anger(怒り)→Bargaining(取引)→Depression(抑うつ)→Acceptance(受容)。これも、人間の心理の遷移を表す段階的仮説モデルの一つである。元々は、致命的病気にかかった人間が、自らの死を受容するプロセスであるが、一般化すると、不可避の強い困難に直面したときに、受け入れ、乗り越えるためのプロセスとしても応用できる。困難への直面とその超克は、非常に個人的な、個別事象であるにもかかわらず、多くの人が同じプロセスを辿るという。このモデルを、望まない、しかし、不可避の技術導入を強いられたときに人間が取る行動の仮説を立てるためのフレームワー

クとして応用できる。

これらの段階モデルは、段階ごとの状況とその状況で起きている問題を捉え、それに応じた対応や措置、その段階における何らかの障壁を取り除くことによって、行動を促進できる可能性があることを示す。

2.1.2.1.2 行動モデルの「空間的拡張」

ここまで検討したモデルは、効用最大化にせよ、時間的拡張にせよ、あくまでも個人に行動決定が委ねられている。そうではなく、行動決定に当たり、他者や取り巻く周囲との関係や構造を重視するように拡張したモデルを、「空間的拡張」と呼ぶ。

空間的拡張にあたって基礎となるモデルは二つある。一つ目は感染病モデル、二つ目はゲーム理論である。

感染病モデルは、1927年に Kermack と McKendrick により提出された数理モデルに始まるとされる(Kermack & McKendrick, 1927)。ある人口集団を、与えられた時間(t)内に感染可能性のある(Susceptible)人々を $S(t)$ 、感染した(Infected)人々を $I(t)$ 、回復し免疫を得た(Recovered)人々を $R(t)$ と分類し、感染が集団内でどのように伝わるかを示すモデルである。状態 S にいる個人は、もし状態 I の個人と接触すると、感染確率 ν で次のタイムステップで状態 I (感染した状態)になる。 S - I - R という遷移だけでなく、 S - I - S という遷移(回復後に免疫がつかない)もある。このモデルは感染症だけでなく、ファッションや社会現象の流行、世論の形成、技術の普及を説明・予測したりするのに有用であり、スターマンやロジャースは、ネットワーク外部性²³によりある程度の普及率を超えないと普及しにくい新技術(イノベーション)の普及を、SIR モデルを使って論じた(J. Sterman, 2000; ロジャース, 2007)。

ゲーム理論は、数学者フォン・ノイマンにより開始された。彼は 1928 年に戦略ゲームの定理に関する論文を発表し、さらに経済学者オスカー・モルゲンシュタインを共著者として、その後ゲーム理論家のバイブルとなる(ノイマン & モルゲンシュテルン, 2009)を著した。個人の行動原理は古典経済学と同様「効用最大化」を基本とするが、何の相互作用の無い

²³ ある経済主体のふるまいが、市場(売買)を通すことなく、別の経済主体の活動に直接影響を与えること。例えば、対象自体の価値に関わらず、その対象へのリンク(製品であればユーザ数)が増えるほど、個々のリンク先がその対象から受ける効用が増加する、など。特に「つながり」のシステムでよく起こる現象である。金持ちはより金持ちに、人気のある技術(キーボードの Qwerty 配列、PC の OS である Windows などが典型例として挙げられる)は、ますます人気が出る、あるいは最善でないと分かっているにもかかわらずやめられない(アーサー, 2003)。既存の技術から新たな技術に切り替えようとする、教育や、関連システムの変更など多大なスイッチングコストが発生するため、なかなか切り替えられない。

ところで行動選択するのではなく、自分の行動選択が周囲や相手からの影響を受け、またそれで選択した行動が周囲や相手に影響を与える、という、複雑な社会的相互作用を考慮に入れようとしたところが画期的だった。相手の存在を考慮するため、「相手がどのような戦略を取ろうと」被り得る損害を最小にし、勝ち分を最大にする戦略を取る、という「ミニ・マックス理論」が基本戦略として成立した。そして、ジョン・フォーブズ・ナッシュが、非協力ゲーム²⁴を導入し、その中で、すべてのプレイヤーにとって最良となる戦略の組（均衡点）が、かならず一つ以上存在するという、「ナッシュ均衡」を証明した。さらに、Merrill Flood が考案し、Albert Tucker が定式化した「囚人のディレンマ」ゲームにおいては、パレート最適解²⁵ がナッシュ均衡と必ずしも一致しないケースが提示された。

両者とも、基本的なモデルとしては「集団の構造」は問わない。感染モデルであれば、感染可能性のある人々(S)が、感染者(I)から病気をうつされる可能性は、「感染率」×「単位時間内に接触した人数の平均」×「接触した人が感染者(I)である確率」で表される。ゲームの理論であれば、任意の対戦相手と、任意の数対戦することになる。接触する相手、対戦相手とのマッチングは全くランダムに行われる、という想定である。では、「集団の構造」とは何か。

集団の要素（各個人や各組織）をノード、要素間の関係をリンクと捉え、その関係性を、ネットワーク理論²⁶を使って分析することにより、「集団の構造」の特徴を抽出することができる。ネットワーク分析により、構造全体の特徴（平均経路長、クラスター性、次数分布など）や、構造における各個人や各組織の役割（ハブ的役割、クラスター間の橋渡しの役割、など）を捉えることができる。

ネットワーク分析の主要な指標を表 2-2 に、また、代表的ネットワーク構造とその特徴を表 2-3 に示す。

²⁴ それまでのゲーム理論では、プレイヤー同士は協力関係にあったが、ナッシュの非協力ゲームでは、プレイヤーは協力や意思疎通せずに、それぞれ独立に動く、という前提を立てた。

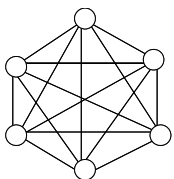
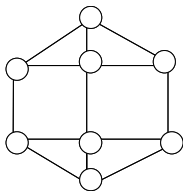
²⁵ ある集団が、1 つの社会状態(資源配分)を選択するとき、集団内の誰かの効用（満足度）を犠牲にしなければ他の誰かの効用を高めることができない状態。イタリアの経済学者・社会学者ヴィルフレド・パレートが提出した概念。

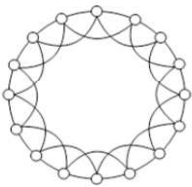
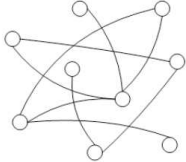
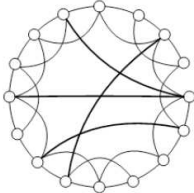
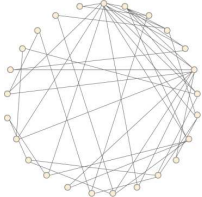
²⁶ 個別要素ではなく、要素の関係性やつながりのあり方を扱う。エルデシュのグラフ理論を基本理論とし、ワッツ、バラバシらが新境地を拓いている。

表 2-2 ネットワーク分析の主要な指標 (増田直紀 & 今野紀雄, 2010), (Watts, 2003)を基に作成

指標	説明
平均経路長	二つのノード間に仲介するノードのホップ数を経路長と言う。ネットワークのあらゆる接続（ノードの組み合わせ）における経路長を平均したもの。
クラスター性	任意のノード N^1 とノード N^2 を取り出したときに、共通の接続ノードがあることをクラスターと言う。全ての接続の組み合わせにおけるクラスターの数の割合を「クラスター係数」と言い、クラスター係数が高いネットワークの特性をクラスター性と呼ぶ。
平均次数	ノードの持つリンクの数を次数(degree)と呼ぶ。ネットワークにおける各ノードの次数を平均したもの。
次数分布	ノードにおけるリンクの数を分布で表したもの (node-degree distribution)。
ネットワーク密度	平均次数を正規化したもの。孤立したノードは 0、他の全てのノードと直接つながれているノード（クリーク）は 1。(Network Density)

表 2-3 代表的ネットワーク構造とその特徴 (増田直紀 & 今野紀雄, 2010), (Watts, 2003)を基に作成

ネットワーク構造	形状モデル	特徴
完全グラフ		・ 平均経路長：小 ・ クラスター性：大 ・ 平均次数：大 ・ 次数分布：一定 $\rho=0$
正方格子、三角格子		・ 平均経路長：大 ・ クラスター性：大 ・ 平均次数：小 ・ 次数分布：一定 $\rho=0$

規則的		• 平均経路長：大 • クラスタ性：大 • 平均次数：小 • 次数分布：一定 $\rho = 0$
ランダム (Erdos/Reyni)		• 平均経路長：小 • クラスタ性：小 • 平均次数：小 • 次数分布：ランダム $\rho = 1$
スモールワールド		• 平均経路長：小 • クラスタ性：大 • 平均次数：小 • 次数分布：$0 < \rho < 1$
スケールフリー		• 平均経路長：小 • クラスタ性：小 • 平均次数：小 • 次数分布：べき乗則に従う $\rho(k) \propto k^{-\gamma}$

感染モデルの場合、規則的ネットワークよりもランダムネットワークの方が、感染しやすい(Watts, 2003) (図 2-1) 。ランダムネットワークでなくても、スモールワールドネットワークのようにクラスター間を橋渡しするようなリンクが存在すると感染し易くなり、また、スケールフリーネットワークの場合は、ハブ的存在の人が多数の人への感染源となる。このように、人間や組織が行動を決定するにあたっては、それぞれの属性というよりは、個人を取り巻く社会構造や関係も、大きな要因となる。

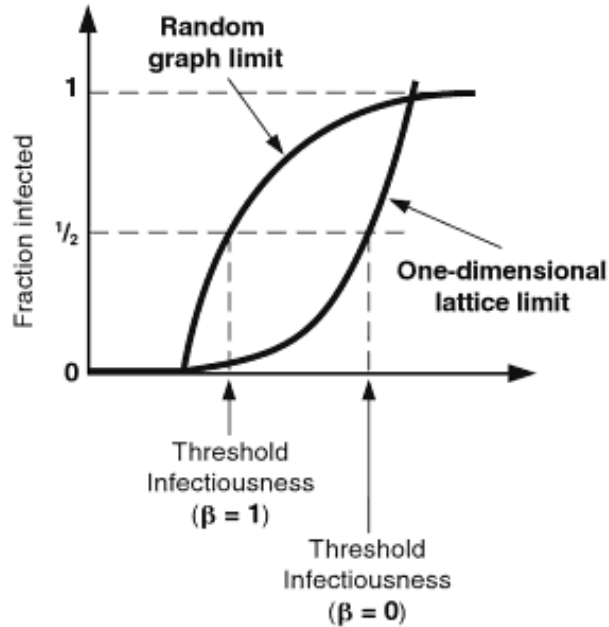


図 2-2 ネットワーク構造と感染率の違い (Watts, 2003)

ゲームの理論における「空間的拡張」を検討するにあたっては、まず、ゲームの理論における「時間的拡張」を検討しなくてはならない。アクセルロッドは、囚人のジレンマを遺伝的進化アルゴリズム(Holland, 1975)に対応させた、「繰り返し囚人のジレンマ(Iterated Prisoner's Dilemma)」を考案した(アクセルロッド, 1998)。各個体の利得は、そのままその生殖の成功に影響を与える。一回限りの対戦であれば、裏切りの方が利得が高いため、裏切りを選択するが、繰り返し対戦する場合は、それまでの対戦結果を考慮した上で、次の行動を決めることになる。アクセルロッドによると、次のようなパターンの戦略のときに、一番良い（多く子孫を残せた）シミュレーション結果となるという。

- 3回協力が続いたときは協力を続ける。
- 相手がだしぬけに裏切りをしたときは裏切りをする。
- 協力が復活したあとは、協力を続ける。
- 搾取をしたあと、協力が復活したときは協力する。
- 両者とも裏切りが3回続いたあとは、裏切る。

このように、アクセルロッドのモデルは、過去の結果により何らかの学習をした個体が繰り返し判断行動をするときは、協調行動に転じる、ということを示している。

ここで、アクセルロッドのオリジナルのモデルでは、所属集団における対戦相手は任意に与えられるが、最近では、その集団のネットワーク構造を考慮するような研究が、多く出てきている(Schweitzer, Behera, & Mahlenbein, 2002)、(Szolnoki, Perc, Szabo, & Stark, 2009)、(Perk, 2006)、(Santos, Santos, & Pacheco, 2008)。これを、ゲームの理論の「空間的拡張」と呼ぶ。

これらの研究が示唆するものは、コミュニティ構造がスケールフリーやスモールワールドである場合、クラスター間の橋渡しをするプレイヤーやハブ的役割のプレイヤーが協調行動に転じると、多くの他のプレイヤーがそれに従うため、協調行動が促進され易い。また、ハブ的役割のプレイヤーが多様なコミュニティに属していると、全体の協調行動が促進される。

2.1.2.1.3 行動モデルのまとめ

これまでに、様々な行動モデルを概観した。その結果、段階モデルでは、各段階に応じた適切な情報提供等によって、また、ゲーム理論モデルや SIR モデルでは、コミュニティの構造特性によって、行動促進され易いことも示唆された。

しかし、どのモデルも、「ターゲットとなる行動」は所与である。例えば AIDMA モデルであれば、「購入すること」がターゲットであるし、感染モデルであれば「感染した状態になること」、ゲーム理論モデルであれば「裏切りではなく協調行動を選択すること」が、それぞれターゲットとなる行動である。

従って、「ターゲットとなる行動」はどのように決定されるのか、という問題は残されたままである。行動を分析するためには、その前段として、何らかの「行動を規定する源泉」を所与とする必要がある。そこで、ここでは「倫理」を、「行動を規定する源泉」の総称として位置づける。

「行動を規定する源泉」 = 「行動の判断基準になるもの」 = 「倫理」

行動を規定する源泉とは、大きく内在的な要因（欲望、個人の幸福追求、価値観の追求など）と、外在的な要因（社会規範、公衆道徳、常識など）がある。（実際には、外在的な要因は各個人に内面化され、また、内在的な要因が集積され外在要因を形成するという、相互作用の関係にある。）ここでは、内在的、外在的双方の要因のうち、比較的高次の（即ち、生存のための行動要因、金銭報酬等を除外した）要因を融合したものを、「行動を規定する源泉」として、「倫理²⁷」と呼ぶ（図 2-2）。

²⁷ 倫理 (Ethics) の語源であるギリシア語の Ethos は、慣習や、特定の民族・社会・時代・

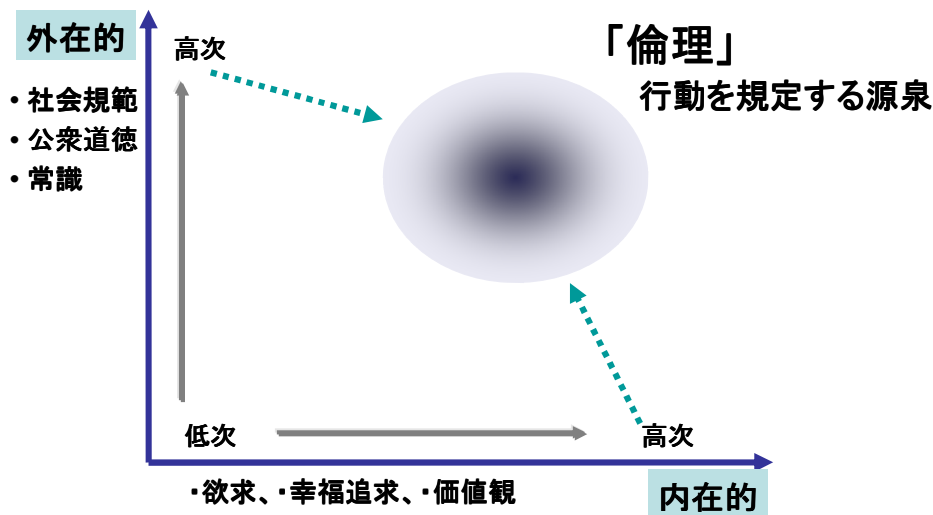


図 2-3 個人や組織の行動を規定するもの＝「倫理」

「倫理」という概念的なものを持ち出すことについては、批判もあるだろう。例えば、論理実証主義²⁸の観点からすれば、客観的に測定できない、人間の内面に関することを扱うことは、無意味とされる。しかし、意識するしないに関わらず、個人や組織の行動を規定する何らかのものが存在し、しかもそれを無視することはできない、と考えるのが、本研究の立場である。

文化などの気風、精神、思潮を意味する。また、(星野勉, 三島輝夫, & 関根清三, 1997)によると、「倫」という文字は「人々のまとまり」を表しており、「倫理」とは、人々がまとまりを得るときの秩序・規範、人間関係の理法である。「倫理(Ethics)」という言葉は、一般的には「道徳(Moral)」とほぼ同じような意味で使われるが、「道徳」は、「倫理」に比べ、人間が意識的に身につけるもの、というニュアンスがある。OEDによると、Ethicsは、「道徳の科学。人間の義務の原理に関する研究分野(The science of morals; the department of study concerned with the principles of human duty.)」と定義されている。ここで、義務とは、カントによれば、道徳的行動のための最高原理であり、何か別の目的のための手段ではなく、義務それ自体が目的となる。しかしここでは、カントの求めている厳密性はひとまず置き、人間行動の判断基準という意味で、「倫理」という言葉を使う。それが、人為的に形成されているのか、自然本性的に備わっているのか、個人的なものか、社会的なものか、結果として存在する事実なのか、理念的な規範なのか、ということについては、ここでは問わない。

²⁸ Logical Positivism. ウィーン大学哲学科教授 M.シュリックを中心とするウィーン学団が展開した哲学の思想。認識の根拠は経験による検証であり、命題の意味とはその検証の方法にほかならない。したがって検証不可能な形而上学の命題は無意味であると主張。

2.1.2.2 技術面（技術の実装）を規定する根源的要因

技術面を規定するもの、技術実装を規定する根源的要因は、その定義²⁹により、「アーキテクチャ原理」である。

「技術を規定する源泉」＝「技術実装の基準になるもの」＝「アーキテクチャ原理」

なお、アーキテクチャは、多くの場合トップダウン的に決定されるが、必ずしもそうとは限らない。(アレグザンダー, 1993)、(Alexander, Ishikawa, & Silverstein, 1977)、(M. Maier & Rechtin, 2000)等は、自生的アーキテクチャの形成を考慮し、また重要視している。

(M. Maier & Rechtin, 2000)は、アーキテクチャ形成（アーキテクティング）の方法として、次の4つを挙げている。

表 2-4 アーキテクティングの4つの方法 ((M. Maier & Rechtin, 2000)を参考に作成)

1) Normative (規範型)	始めに理念ありき。こうあるべき、こうするべき。
2) Rational (合理性追求型)	システム分析や、システム工学を使って最適を目指す。
3) Participative (参加型)	コンカレントエンジニアリング（同時進行技術活動）と、ブレインストーミングにより、合意を目指す。
4) Heuristic (経験論型)	現実から学び、それを次のアーキテクティングに生かす。

²⁹ OEDによると、アーキテクチャ(Architecture)は、“The art or science of building or constructing edifices of any kind for human use.”（「人間が使ういかなる建造物の、建築または構成を行うための芸術もしくは科学」）と定義されている。

DoDAF (Department of Defense Architectural Framework, <http://cio-nii.defense.gov/sites/dodaf20/>)では、アーキテクチャを次のように定義している。“Architecture is the structure of components, their relationships, and the principles and guidelines governing their design and evolution over time.”（「アーキテクチャとは、デザインと、その進化を支配する構成要素、構成要素間の関係、原理原則、およびガイドラインの構造である。」）

「つながり」のシステムでは、アーキテクチャも自生的に自己組織化するため、この分類でいえば、3) Participative（参加型）および4) Heuristic（経験論型）に基づいたアーキテクティングが行われることになる。なお、これは、そのコミュニティにおける「倫理」の形成とも相似的と捉えることができる。

2.2 超越論的レイヤ(Layer-[n-1])フレームワーク

前節(2.1)では、現象（現在何が起きているか）、そしてそれを根源的要因まで遡って理解するためのフレームワークを提案した。しかし、「つながり」のシステムにおいては現象は「ある表出（＝インスタンス）」に過ぎない。何故なら、2.1.1.3 で検討したとおり、行動や技術実装を規定している源泉である「倫理」や「アーキテクチャ」も、規範的、合理追求的ではなく、自生的に形成されているためである。そのため、その「倫理」や「アーキテクチャ」自体の正当性・妥当性や、どのようにそれらが形成されてきたかについても、検討・見直しの対象になるべきである。

また、「つながり」のシステムは、自己言及的³⁰である。参加者自らが「倫理」や「アーキテクチャ」をデザインする。同時に、「倫理」や「アーキテクチャ」が、参加者の行動に強く影響する。即ち、システムは自己自身の変容をシステム自体の性質として内部に持つことになる。このことは、ラッセルのパラドックス(Klement, 2005)やゲーデルの不完全性定理(ゲーデル, 2006)などに指摘されるとおり、システムの分析・記述不可能性を意味する。この自己言及のパラドックスを克服するためには、分析・記述する主体と、分析・記述される客体を、別のものと捉える必要がある。即ち、客体“X”を括弧や引用符で括るという操作をし、主体“X”を別の超越的な階層におくことにより、システムを分析・記述できるようになる³¹。しかしこのことは、主体客体の分離を意味するものではない。この操作を、必要ときに限り、かつ一時的に行うことによって、定常的な再帰的自己創出を阻害しないことが可能になる。

³⁰ 論理学の分野のみならず、様々な領域で厄介な問題として捉えられる自己言及性であるが（「心理学における最大の課題は、認識主体の認識対象が認識主体だという亜循環をいかに断ち切るか」（ピアジェ, 2000））、生命科学の文脈では、むしろ好ましい「創造的循環」として認識されている例もある。

「私はこのパラドックスを喜ぶべき事態だと考えている。このパラドックスは、創造的精神と同じ源から湧いてくるのではないか。」（ホフマイヤー, 1999）

「クレタ人のパラドックスのような論理矛盾が生まれるのは、自己の構造を考えていないからであると思います。自己には自己中心的な自己が持つ自己中心的な観点と、それを超越的に眺める場所的観点という二種類の観点が存在しています。」（清水博, 1996）

³¹ ラッセルの「型理論(Theory of Types)」と基本的には同じ考え方である。ウィトゲンシュタインは、「論理哲学論考(1929)」で、ラッセルの型理論を批判している（“From this observation we turn to Russell's 'theory of types'. It can be seen that Russell must be wrong, because he had to mention the meaning of signs when establishing the rules for them.” (“Tractatus”, 3.331)）が、これは、ウィトゲンシュタインの論理構文における前提（In logical syntax the meaning of a sign should never play a role. It must be possible to establish logical syntax without mentioning the meaning of a sign (ibid, 3.33)）に基づくものであり、方法論そのものの批判ではなく、アウグスティヌスの言語観の否定である。

超越論的レイヤ(Layer-[n-1])フレームワークを図 2-4 に示す。

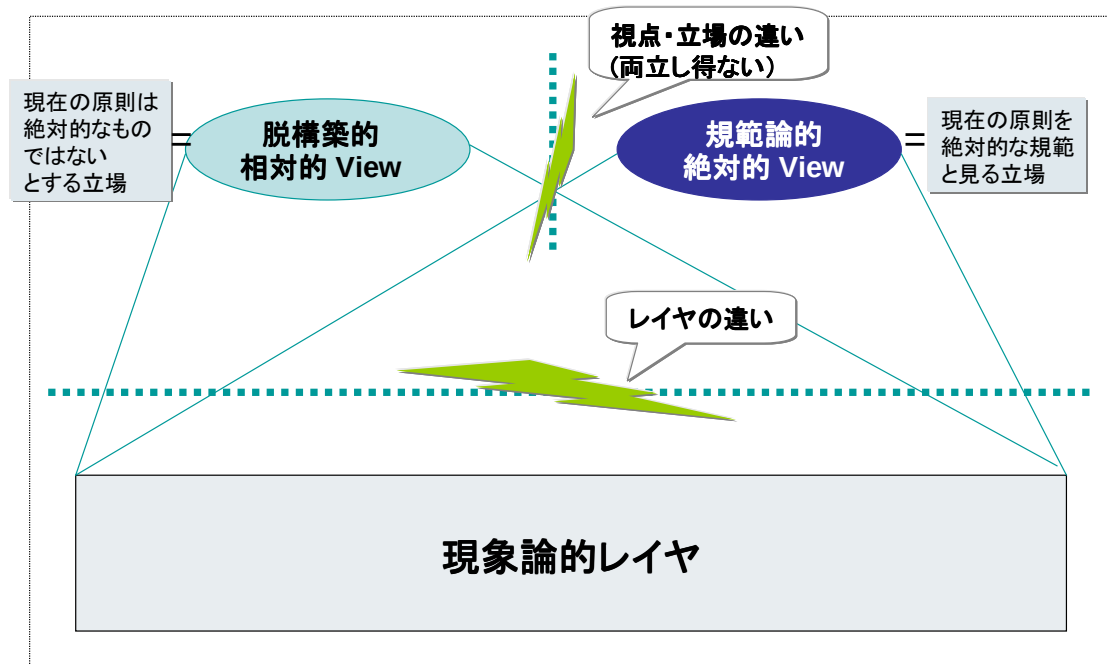


図 2-4 超越論的レイヤ(Layer-[n-1])フレームワーク

超越論的フレームワークには、二つの相容れないビューが存在する。即ち、「規範的・絶対論的ビュー」と、「脱構築的・相対的ビュー」である。「規範的・絶対論的ビュー」は、現在の原則を絶対的な規範とみる立場であり、現在の在り様は、何か絶対的・規範的なものの帰結と捉える。一方、「脱構築的・相対的ビュー」は、現在の原則は（あったとしても）絶対的なものではないとする立場であり、現在の在り様を懐疑する方法である。フレームワーク適用の一例を次に示す。

- 1) 規範からの帰結、または規範との相互作用により、現在起こっている「現象」が規定される。
- 2) しかし、その現象は、あくまで一つのインスタンスに過ぎず、別様でもありえる。
- 3) 従って、「現象論的レイヤ」で起こっていることは、常に懐疑・脱構築の対象になりえる。

図 2-4 中の水平方向の破線は、レイヤの違いを表している。「現象論的レイヤ」は一階層下のレイヤである。また垂直方向の破線は、「規範的・絶対論的ビュー」と、「脱構築的・相対的ビュー」の分断を示している。これらのビューの違いは、二律背反（アンチノミー）であり、相容れない立場の違いであるため、実際には同時に共存し得ない。しかしながら、これらは補完関係にあり、一方が存在しないと、もう一方も存在することができない。システム分析者・設計者が、「規範的なこと」を議論できるのは、それが常に相対化・脱構築できる可能性があるからである。そうでなければ、独善や教条主義に陥る可能性がある³²。

超越論的レイヤ（レイヤ[n-1]）フレームワークによる効用をまとめると、次の三点になる。

- 現実に起こっていることの相対化
- 階層を分けることによる自己言及問題の緩和
- 同調圧力、集団思考、独善、教条主義の回避

³² 同様に、「脱構築的・相対的ビュー」が、「規範的・絶対論的ビュー」無しに存在し得ないことは明らかである。一部のポストモダン批判に見られるような、「相対論」のみを取り出してそれを「無意味な主張」とする批判は、的外れである。

3. 「超越論的レイヤ」必要性の検証

前節(2.2)において、超越論的レイヤフレームワークを提案した。「つながり」のシステムのように自己組織化するシステムにおいては、現在のシステムの在り様を、時には相対化する必要があると述べた。

しかし、本当にそんなことが必要なのだろうか。何らかの問題がある時はさておき、物事がうまくいっている時は、そのままにしておいてもよいのではないか。

「つながり」のシステムでは、参加者間、各システム要素間が強く関わりあっているため、何かの行動が起こると、その行動自体へとフィードバックが返って来る、フィードバックに強く支配されているシステムである。特に、自らもそのフィードバックループの構成要因になっている場合、そのダイナミクスを正しく捉えることが難しくなる。

本章では、通常はあまり意識されないが、正のフィードバックループが作用している例を取り上げ、時には「超越論的レイヤ」から現象を捉え直すことの必要性を例証する。

3.1 合意形成の分析

3.1.1 インターネットコミュニティにおける合意形成の概要

ここでは、「つながり」の社会－技術システムの例として、インターネットの事例を取り上げる。

インターネットにおける技術仕様決定³³やその他の行動の判断基準として、「rough consensus and running code」が最も重要とされている（このことは次章で詳述する）。では、この「rough consensus」を、具体的にどのように形成されるのであろうか。IETF では、“We reject kings, presidents, voting” (Clark, 1992)という言葉のとおり、王や総裁などの権威のみならず、一見公平そうな「投票」さえも禁じている³⁴。

IETF では、議論のトピックやテーマ毎に Working Group(WG)が形成され、議論はメイリングリスト、および、基本的に年に三回開催される直接(face-to-face)ミーティングにより行われる。議長役として、その分野での経験や業績などを参考に Working Group Chair が選出され、議論の舵取りを司る。議事進行上合意が必要な際、直接ミーティングの場合は、

³³ インターネットの技術仕様策定に関しては、第4章で詳述する。

³⁴ ITU-T, 3GPP などの標準化団体では、voting による決定が行われる。そのため、一国につき一票、一参加組織につき一票などのルールが決まっている。

Chair がその場の様子や雰囲気を感じ取りながら、必要に応じて挙手やハミング³⁵を要請する。Rough consensus の基準であるが、「過半数というだけ(51%)では不十分だが 99%を求めるのは過剰」とされ、適度なところで合意することが Chair に任されている(IETF, 1998)。メイリングリストの場合は、その場の雰囲気を感じ取ることができないため、合意形成は難しい。しかし、年に 3 回のミーティングを待つことは迅速性を損なうし、また、直接ミーティングに全ての人が参加できる訳ではないため、いくつかの重要なマイルストーン、例えば当初の個人ベースの提案を Working Group として採択するか決定、その提案を RFC として公表するか最終確認などについては、メイリングリストにおける poll が実施される。”poll” は、あくまでも意見調査という位置づけであり、”vote” ではない。このことにより、票集めのような行為を抑制している。

3.1.2 メイリングリストでの合意形成

では、メイリングリストでの合意形成の様子はどのようなものであろうか。ここでは、当初の個人ベースの提案を Working Group として採択するか決定に関する合意形成を調査した。まず Chair がメイリングリストに対し、2 週間程度の期限内に、サポートか非サポートかを表明するように poll を要請する。その要請に対し、その題目に関係のあるメイリングリストのメンバーが、随時サポートか非サポートかを表明する。期限後、Chair が、それまでに得た意見を総合的に判断する。

表 3-2 に、2009 年中盤から 2010 年後半迄に行われた poll の一覧³⁶を示す。

³⁵ “Please hum” と言われると慣れてないと戸惑うが、確かに「音量」というアナログ量で、直ちに会場の意思を感じ取ることができ、便利な手段である。挙手方式だと、座席の分布などにより見え方が違うため、差が明らかに大きい場合を除き、やはり数を数えなければならない。

³⁶ Search Engine(Google)にて、“poll”, “call”, “adoption”, “ietf”というキーワードで検索を行い、それを元に、Mailing List Archive から該当スレッドを抽出した。網羅性は必ずしも保証されないが、検索結果に作為は加えていない。なお蛇足であるが、表中の draft-kohno-ipv6-prefixlen-03 は、筆者が執筆した draft である。

表 3-1 IETF Mailing List で行われた poll の一覧 (2009 年中盤から 2010 年後半)

date	draft name	1st reply	2nd reply	3rd reply	result
2009/3/12	draft-premec-mext-extended-home-link-00	Yes	No (Conditional)	Yes	No (Not 00)
2009/6/8	draft-sdecugis-dime-diameter-erp-01.txt	No	No	No	No (Not 01, yes eventually)
2009/6/25	draft-lourdelet-radext-ipv6-access-02	Yes	Yes	Yes	Adopted
2009/9/1	draft-zimmermann-tcp-lcd-02	Yes (conditional)	Yes	Yes	Adopted
2009/9/1	draft-jarvinen-tcpm-sack-recovery-entry-01	Yes	Yes	Conditional	Adopted
2009/12/9	draft-knutsen-tcpm-middlebox-discovery-03	No	No	No	No
2010/2/8	draft-schmidt-multimob-pmipv6-mcast-depl	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/3/8	draft-gont-tcpm-tcp-timestamps-03	No	No	No	No (no 03, yes 04)
2010/3/8	draft-ananth-tcpm-persist-02.txt	Yes (conditional)	Conditional	Conditional	Adopted
2010/4/7	draft-marques-l3vpn-ibgp-01	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/4/26	draft-rosen-l3vpn-mvpn-spmis-joins-00	Yes	Yes	No	Partially Adopted
2010/6/14	draft-hui-6man-rpl-option	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/6/21	draft-nitinb-mpls-tp-on-demand-cv-00	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/7/29	draft-jasinska-ix-bgp-route-server-00	Yes	Yes	Yes	No (Not 00)
2010/8/10	draft-krishnan-6man-rs-mark-06	Yes	No	No	No (Not 06)
2010/8/18	draft-dt-roll-p2p-rpl-02	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/8/26	draft-dekok-radext-dtls-03	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/9/16	draft-li-reg-purge-01	No response	No response	No response	No
2010/9/21	draft-bernstein-ccamp-wson-signaling-07	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/9/30	draft-lemon-dhcpv4-relay-encapsulation-01	Yes	Yes	Yes	Adopted
2010/10/9	draft-kohno-ipv6-prefixlen-p2p-03	Yes	Yes	Yes	Adopted

3.1.3 合意形成に関する考察

図 3-1 に、全体の採択率と、Chair により poll が宣言された直後の応答が肯定的であったものが採択された割合を示す。前者は 61.9%であるのに対し、後者は 94.1%であった。たとえコンセンサスを得ても、著者自身に取り下げたり、ドキュメントを改版したりする場合があるので、「コンセンサス即ち採択」を意味する訳ではないが、この結果は、最初の応答が、コンセンサスの形成に与える影響が強いことを示している。

実際、poll の後、一番乗り発言するのは勇気が要るため、poll 直後に発言する者は、経験豊かな人物や、自説にしっかりした論拠を持った人物であることが多い。そして、そのような人物に支持されたものは全体のコンセンサスを得やすい、と、考察される。

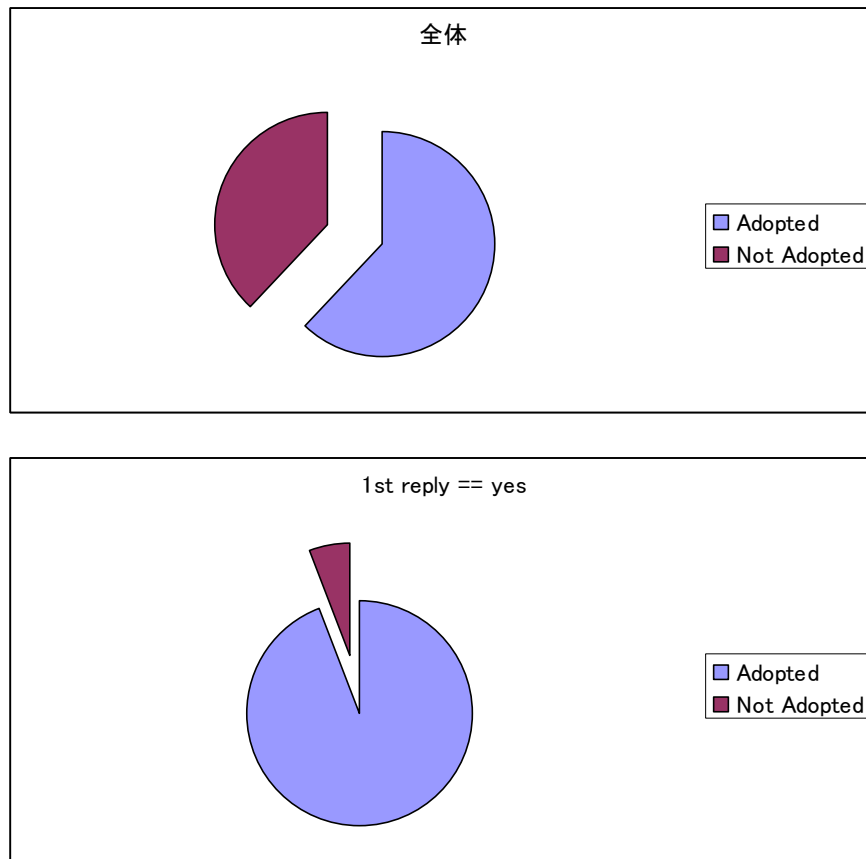


図 3-1 全体の採択率と、poll 後最初の応答が”yes”だった場合の採択率

このことは、しかしながら、合意形成が、その時の主流である考え方や、力の強い人や声の大きい人の意見によって大きく影響される可能性を示唆する。また、インターネットコミュニティの親密な雰囲気は、ともすれば、「集団思考³⁷」につながる可能性もある。

³⁷ Groupthink。社会心理学者アーヴィン・ジャニスによる用語。集団における同調圧力が、知的能力(mental efficiency)、現実に対する検証(reality testing)、道徳判断(moral judgment)を劣化させる可能性を論じた。(Janis, 1972)

3.2 「調和」に潜む法則の分析

3.2.1 分析の概要

構成要素相互の関係性によって成り立つ「つながり」のシステムにおいて、一つの理想的な状態は、「調和」であろう。「調和」を辞書で調べると、「全体がほどよくつりあって、矛盾や衝突などがなく、まとまっていること」とある。では、「ほどよくつりあい、まとまっている」状態というのは、具体的にはどのような状態なのだろうか。

「調和」は、英語で言えば“harmony”であるが、“harmony”は、「音の美しい組み合わせ」、という意味も持つ。そこで、本研究では音楽の楽曲という現象の表出において何が起きているのかを調査した。調査に当たって使用した手法は、第2章で「集団の構造」を考察したときにも用いた「ネットワーク分析」である。ネットワーク分析では、各要素を「ノード」、要素同士の関係性を「リンク」と捉え、その特性を分析する。このことにより、通常では目に見えない関係性の構造をあぶりだすことができる³⁸。

3.2.2 楽曲のネットワーク分析手法

楽曲のネットワーク分析を行うにあたり、MIDI³⁹ファイルをソースとして使用した。まずMIDI ファイルを提供するインターネットサイト（表 3-2 参照）からファイル入手し、それらを、mft2⁴⁰というフリーウェアを使い、テキスト形式に変換した。そして、そのテキストファイルから、「リンク元ノード」と「リンク先ノード」を抽出するプログラムを作成し、CSV⁴¹形式のテキストファイルに出力した。ネットワーク分析には、Cytoscape⁴²(Version 2.8)を利用した。一連の作業の流れを図 3-2 に示す。

³⁸ ネットワーク分析に使われる基本的指標については、第2章 表 2-1 を参照のこと。

³⁹ Musical Instrument Digital Interface。演奏情報のデータ形式、プロトコル、物理的インターフェイスの規格。

⁴⁰ MIDI file to text. Piet van Oostrum 氏が開発したフリーウェア。
<http://cnx.org/content/m14879/latest/>

⁴¹ Comma Separated Value。データをカンマで区切って並べたシンプルなファイル形式。

⁴² 複雑ネットワーク解析と可視化のためのオープンソースソフトウェア。
<http://www.cytoscape.org/>

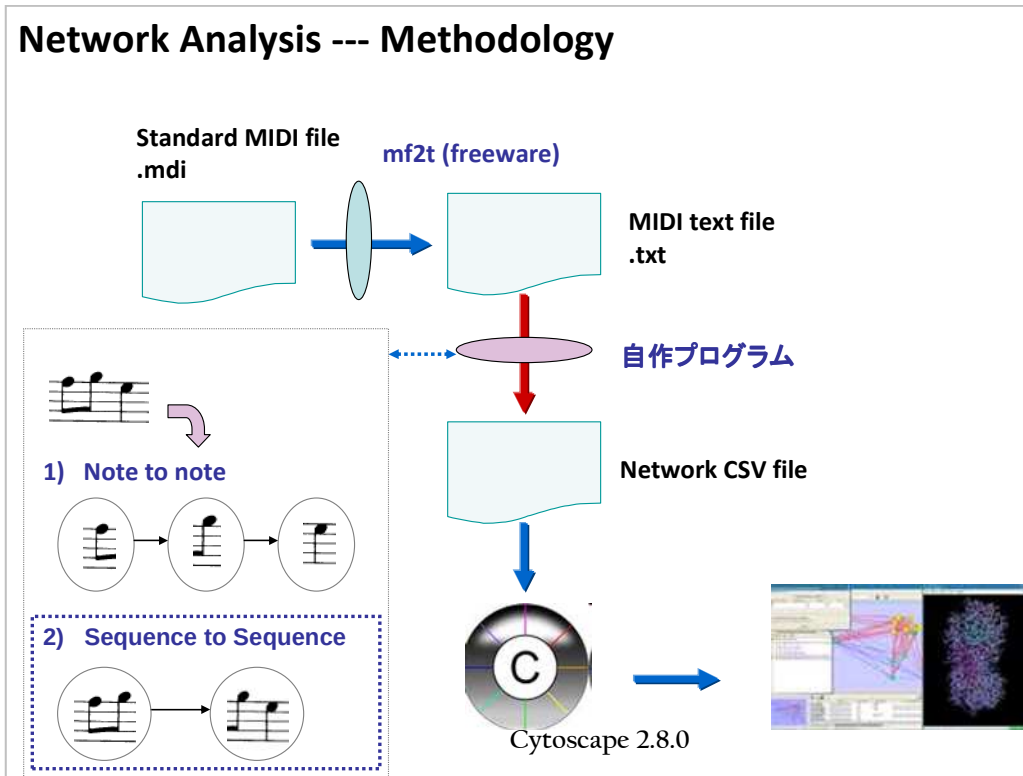


図 3-2 ネットワーク分析の方法 作業の流れ

音楽におけるノードとリンクの捉え方に関しては、一つの音符をノードとし、次の音符との関係をリンクと捉えるのが、最もシンプルな方法であろう。実際、当初はそれでやってみたが、楽曲で使う音符は限られており（12 音／1 オクターヴ × 数オクターヴ）、あまり楽曲の特質が現れなかった。そこで、ある音符と次の音符の「連なり」をノードとし、次の「連なり」との関係をリンクと捉えることにした。楽曲の分析には、実際、この方が適していると考える。なぜなら、一つの音は単発の現象であるが、音と音との連なりは、楽曲における動機（モティーフ）の提示である。「連なり」をノードと捉えることによって、楽曲を、あるモティーフ（音と音の連なり）が、それに対する応答としてのモティーフ（次の音と音の連なり）を呼び、そしてそれがまた次のモティーフを呼ぶ、というような、「呼応の連鎖」と捉えることができる。

3.2.3 取り上げた楽曲と分析の結果

今回取り上げた楽曲を表 3-2 に示す。

表 3-2 分析対象とした楽曲

作曲家(出身国、生没年)	楽曲名	MIDI ファイル入手元
(a) J.S.バッハ (独、1685-1750)	無伴奏チェロ組曲第 4 番 変ホ長調, BWV1010	http://www.jsbach.net/midi/
(b) スクリャービン (露、 1872-1915)	ピアノ練習曲 嬰二短調 Op.8-12	http://www.kunstderfuge.com/scriabin.htm
(c) シェーンベルク (奥、 1874-1951)	6 つの小さなピアノ曲 Op.19 より、2-3 番	http://www.classicalmidi.co.uk/schoberg.htm

楽曲選定の条件は次のとおりである。

- 独奏楽器の曲

オーケストラなどの合奏曲であると、一つの旋律が複数の楽器 (MIDI では複数のチャネル) に跨って現れ追跡困難であるため、ピアノ、チェロの独奏曲を使った。

- MIDI が入手可能な曲

MIDI が入手可能、かつ、著作権法上、作曲者の死後 50 年経過していることを条件とした。

- 特徴が顕著である曲

それぞれ印象深く、音楽の特徴が顕著に現れる曲を選定した。

バッハ(1685-1750)は、バロック音楽の総括を行うとともに、後の古典派、ロマン派に対しても絶大なる影響を与え、「音楽の父」と呼ばれる。しっかりした調性感と、和声的対位法が特徴である。

スクリャービン(1872-1915)は、後期ロマン派に位置づけられる。ショパンの影響を受けているが、さらに斬新な和声を駆使した。

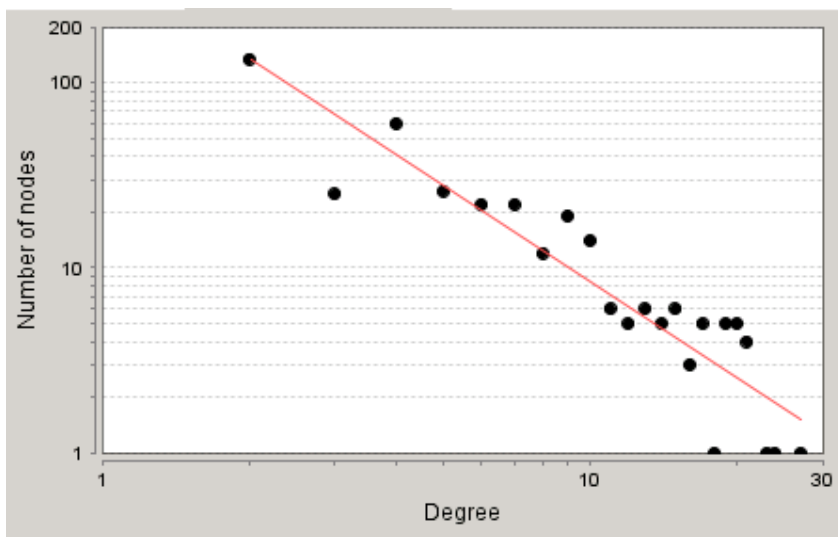
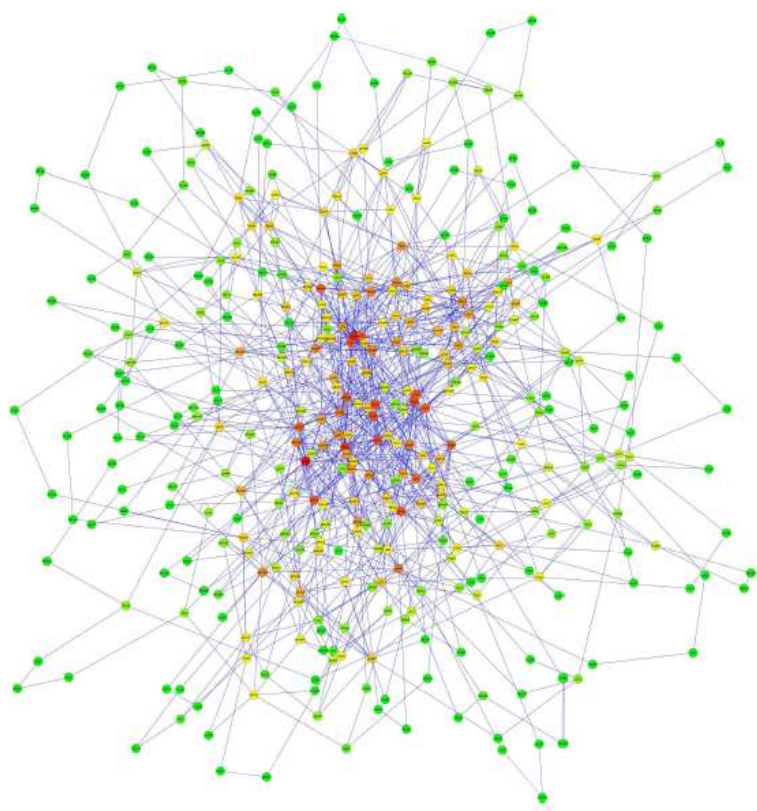
シェーンベルク(1874-1951)は、その初期の作品は後期ロマン派に位置づけられるが、次第に無調（調性の放棄）を志向するようになった。今回取り上げた Op.19(1911)は、完全に調性を棄て去った最初の曲と言われる。

表 3-3 に、楽曲毎のネットワーク特性の分析結果を示す。

表 3-3 楽曲のネットワーク分析結果

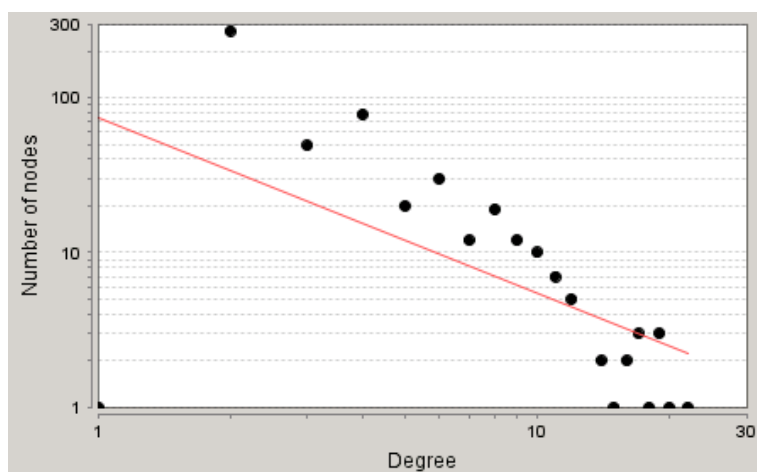
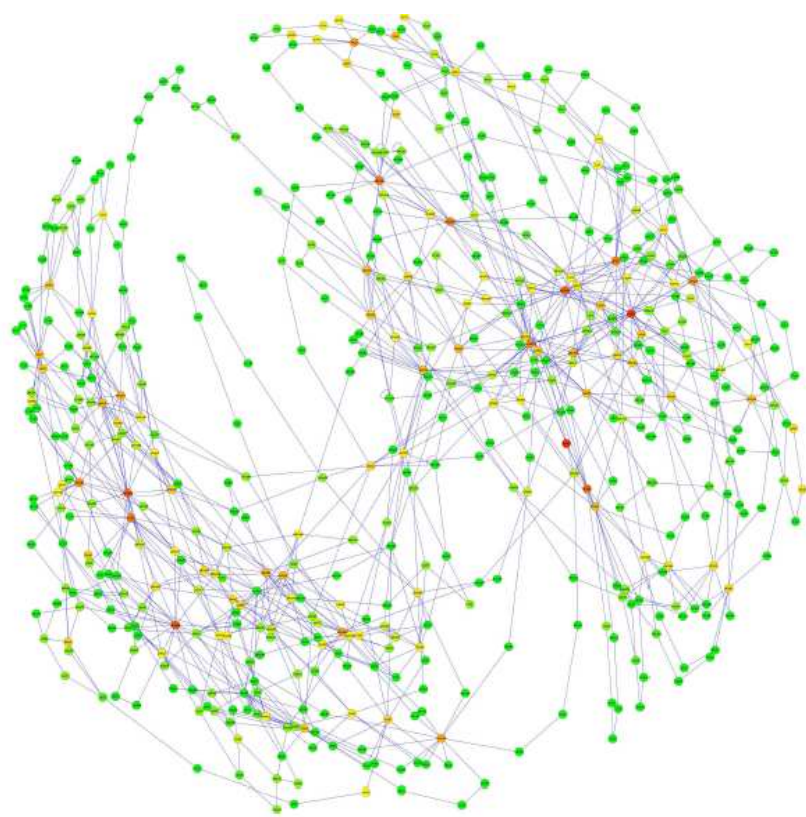
指標	(a) バッハ 無伴奏 チェロ組曲第4番	(b) スクリャービン 練習曲 Op.8-12	(c) シェーンベルク 6つの小さなピアノ 曲 Op.19 より
平均経路長	3.751	4.196	5.931
クラスター性	0.047	0.050	0.038
平均次数	5.665	3.833	2.114
次数分布	図 3-3 に示す	図 3-4 に示す	図 3-5 に示す
ネットワーク 密度	0.015	0.007	0.062
不均質性 ⁴³	0.822	0.802	0.315

⁴³ Network Heterogenity. ネットワークが、ハブとなるノードを持つ傾向性の指標。ハブが多いということは、中心性が分散することを意味するため、多様性、不均質性と称している。



べき指数 = -1.728

図 3-3 楽曲のネットワーク分析結果 : (a) バッハ 無伴奏チェロ組曲第 4 番



べき指数 = -1.128

図 3-4 楽曲のネットワーク分析結果 : (b) スクリャービン 練習曲 Op. 8-12

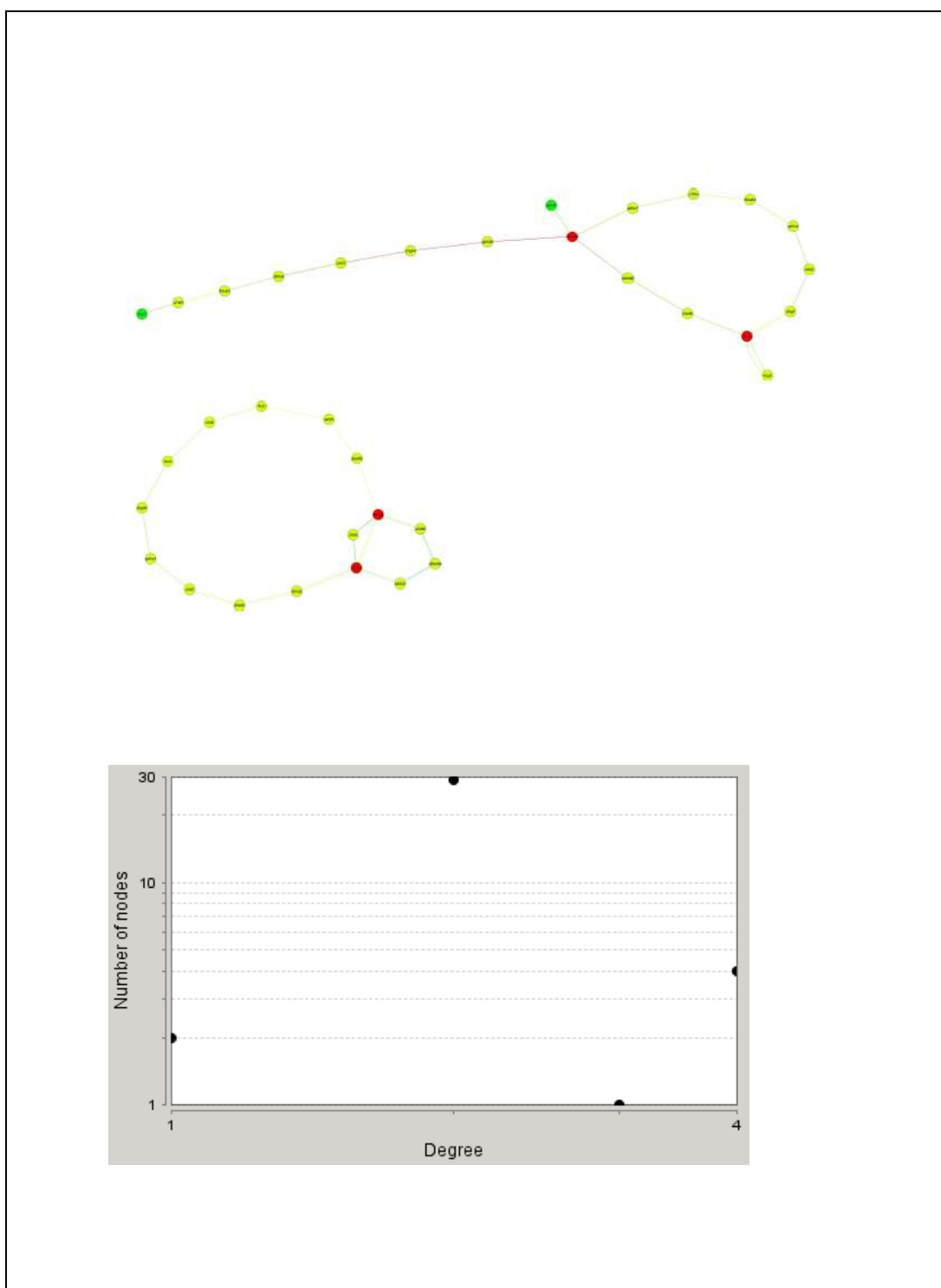


図 3-5 楽曲のネットワーク分析結果：(c) シューベルト 6つの小さなピアノ曲
Op. 19 より

バッハは全曲を通じて同じ調性（変ホ長調）を使い、和声の変遷も一定の法則に基づくため、音の連なりが、前の音の連なりに呼応する形で連鎖している。次数分布がべき乗則に従っているのも、そのためだと思われる。また、いくつかの主要和声による「音の連なり」がハブとなるため、不均質性(heterogeneity)が高くなっている。

スクリャービンも、数値から見る傾向としてはバッハに近い結果となった。大きな違いとしては、数値だけだとあまりよくわからないが、描画すると二極性を示していることである。これは、主調の嬰ニ短調から嬰ヘ短調、嬰ハ短調、ホ短調、と大きく転調するためだと思われる。和声は複雑であるが、音の連なりから音の連なりへと呼応するため、次数分布はべき乗則に緩やかに従う。複数のハブがあることも、バッハと同様の傾向である。

全く傾向が異なったのが、シェーンベルクであった。無調かつ、ある種無機的に音楽が推移するため、呼応の連鎖のようなものは見られず、また、ハブや、中心性も見られなかった。また、平均次数が少ないのにも関わらず、ネットワーク密度が高いのが、特徴的である。

なお、「音の連なり同士の呼応の連鎖により、べき乗の現れる構造が作られる」というのは、仮説に過ぎない。しかし、Barabasi らは「成長(growth)と、優先的選択(preferential attachment)+適応度(fitness)」によりべき乗が現れると報告しており(Barabasi & Albert, 1999)、このことは、人気者がより人気者に、金持ちがより金持ちになることを説明する。それと同様に、「音の連なり」から「音の連なり」への呼応の連鎖は、調性と和声の構造を強化する、正のフィードバックループを形成している、と言えるのではないだろうか。一方、シェーンベルク以降の一部の現代音楽の無調・無調和志向は、既存の構造を脱構築するポストモダン思想と相似関係にある、と捉えることができるのではないだろうか。

調和による音楽は美しい。しかし、調性と和声の構造を強化する正のフィードバックループが形成されている、ということは、同調圧力がかかっている、という捉え方もできる。第 2 章で、集団の構造がべき乗則に従う場合、協調行動が起こり易いことを述べたが、それが裏目に出ると、同調圧力になる。調和状態にある時には、同調圧力がかかっている可能性があることについて、時には思い至らなくてはならない。

3.3 第3章のまとめ

本章では、インターネットコミュニティにおける合意形成のされ方、また音楽における「調和」に潜む構造を明らかにした。このことから、物事がうまく行っている「調和の状態」においても、正のフィードバックループが形成されているため、メイリングリストの最初の応答が肯定的だと全体が肯定に傾きやすい、楽曲でも、調和のある音楽はモチーフとモチーフの関係に呼応の連鎖が生じ、モチーフの次数分布がべき乗に従うことがわかった。

このことは、調和の状態にあっても（あればこそ、と言うべきかもしれない）、ともすれば「同調圧力」や「集団思考」が生じる可能性があり得る、また、順調だと思っていると行過ぎて崩壊する可能性がある（バブルの崩壊など）、ということを示す。したがって、これらのダイナミクスを認識し、行き過ぎを防ぐためにも、現在起こっている現象を超越論的に観察する「超越論的レイヤフレームワーク」が必要であることがわかる。

3.4 （付録）超越論的レイヤフレームワークを利用した哲学概念の理解

超越論的レイヤフレームワークを検討している際に、思わぬ副次的効果があった。それは、それまで難解に感じていた哲学的概念が、腑に落ちたことである。難解と思われた概念のいくつかは、レイヤの違いを混同していたり、対立・矛盾し両立し得ない立場の相補性・相互必要性を認識していなかったためであることがわかった。

例えば、カントの「定言命法」と「仮言命法」。「定言命法」は、無条件かつ普遍的な行動規範であり、「（～のために）（～ならば）」、「（～せよ）（～すべき）」という「仮言命法」と対比させた。しかし、これは実は対比ではなくレイヤの違いであった。即ち、「仮言命法」は、現象論的レイヤにおける原則であり、「定言命法」は、超越論的レイヤにおける原則である。そして、「自律」や「義務」も、超越論的レイヤの概念である。カントは、現象論的レイヤでのできごととは真の「自律」ではない、と考えた。なぜなら、状況による条件に左右されるからである。「〇〇すれば□□できるから、〇〇する」というのは、状況に拘束されていることを示すことに他ならない。カントは、人間の真の自由を追求するためには、「超越論的レイヤ」をおかざるを得ない、と考えたのではないか。「絶対的義務」とは、実際にそういうものが存在して、それを人々に押し付ける、という類のものではなく、超越論的に（先験的に）絶対的な倫理的規範が存在する、と考えることにより、人々を、そしてその倫理律を、（経験的な）現実的功利という「他律」から解放することを目指したのではないか（カント, 1961）。

「非帰結主義」か「帰結主義」か(加藤尚武, 1997) の対比も同様である。倫理的判断は、この論拠のどちらかに基づくと言われる。しかしこれは、本来超越論的レイヤにしか存在し得ない「非帰結主義」を、経験的・功利論的に判断される現象論的レイヤに持ち込み、同列に議論しようとする点で問題がある。これでは、「帰結主義」が現世的功利から自由になれないだけでなく、「非帰結主義」まで「現実に出されている規範や教条的なもの」から自由になれない、という二重の不自由に陥ってしまう。「非帰結主義か帰結主義か」は、同次元の選択ではなく、レイヤが異なる。「帰結主義的に考えると〇〇」、「非帰結主義的に考えると□□」というような、思考の多層化と考えた方がよい。

また、カントの「アンチノミー（二律背反）」は、「絶対論（独断論）」と「懐疑論」を、経験論的現実（現象論的レイヤ）ではなく、超越論的レイヤにおいて相対させることにより、それぞれを克服しようとする試み、と考えるとわかりやすい。カントは、ロックもヒュームも、純粹知性概念⁴⁴を経験論的に導いた、として批判する。そしてその結果、「ロックは哲学にほしいままな放埒を請じ入れた。」「ヒュームは懐疑論に全身を委ねた。」(カント, 1961)

デリダの「”不可能なもの”としてのみ”可能な”正義」(デリダ & カプート, 2004)という言葉も、超越論的レイヤにおける「相対論」と「規範論」の闘い合いと捉えられる。「相対論」や「脱構築」は、現実的にプラスになるものは何も生まないと批判されることもあるが、そうではない。脱構築はプラグマティズムである。常に脱構築できる、という途があるからこそ、「正義」や「倫理」について議論したり追求したりできる。2.2 節でも述べたが、脱構築の概念なく「正義」や「倫理」を追求することは、独善や教条主義に陥る可能性が高いからである。この辺りのことに関し、デリダ自身の言葉を引用したい。

「…すなわち脱構築はわれわれに政治的なものを考えることを許し、民主主義的なものの中に閉じ込められないために必要な余地を与えて、民主主義的なものを考えることを許します。政治的なものについて問題提起をつづけるためには、政治的なものから何かを引き去り、民主主義のためにそれと同じものを与える必要があります。これが民主主義を非常にパラドキシカルな概念にすることは、言うまでもありません。」(デリダ, クリッチリー, ローティ, ラクラウ, & ムフ, 2002)

最近でも、社会学者の宮台真司は「普遍主義の不可能性と不可避性」を論じた(宮台真司, 2009)。「不可能」と「不可避」は完全な二律背反であるが、超越論的レイヤにおける「相対論」と「規範論」の闘い合いと捉えるとよく理解できる。

前野も、「論理的・分析的 세계觀の限界を理解することの限界を理解し、超越する」この

⁴⁴ カントの邦訳書では「悟性」という言葉が当てられているが、これは、ラテン語 *intellectus* とドイツ語 *Verstand* にそれぞれ別々の訳語（知性、悟性）を当てたためであり、本来は統一した方がよい。そこでここでは、「知性」とした。

必要性を説いたが(前野隆司, 2010)、これも、「理性自身能力を評価するのは理性である⁴⁵」という限界を、超越論的に克服しようとする試みと捉えることができる。

図 3-6 に、本フレームワークを使って読み解いた哲学概念の例を示す。

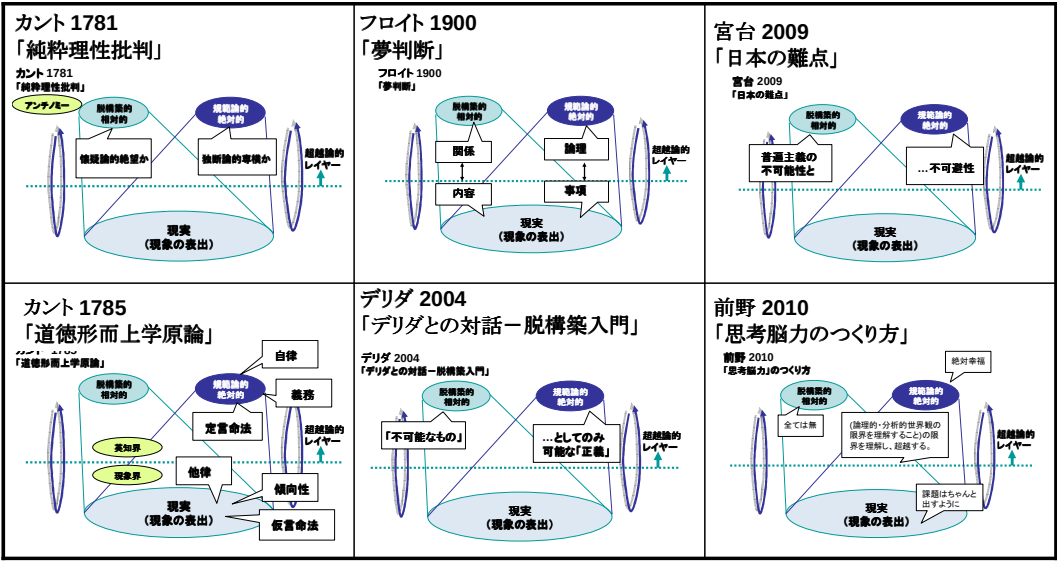


図 3-6 超越論的レイヤフレームワークを使って読み解く哲学概念の例

⁴⁵ カントの「理性批判」の根源である。

4. 事例によるフレームワークの検証

本章では、第 2 章で提案したマルチレイヤフレームワークを、実際の事例に適用させ、その具体的な作用と有用性を検討する。事例としては、「つながり」のシステムの代表例であるインターネットの、「IPv4 アドレス枯渇問題」を取り上げる。

なお、フレームワークがどのように適用されているかを示すために、下記に本論文における記述とフレームワークへの対応関係を示す。

- 現象論的レイヤフレームワーク --- 下記参照

(表 2-1 のチェックリストを再掲)

今何が起きているか	4.2.1 項、4.2.2 項
-- その現象の根源となる「倫理」は何か	4.1.2 項、4.1.4 項
-- その現象の根源となる「アーキテクチャ」は何か	4.1.3 項、4.1.4 項
「倫理」と「アーキテクチャ」は整合しているか	4.2.3 項
「倫理」と現象は整合しているか	4.2.4 項
「アーキテクチャ」と現象は整合しているか	4.3 節

- 超越論的レイヤフレームワーク --- 4.3 節

4.1 インターネットにおける「倫理」と「アーキテクチャ」の抽出

4.1.1 インターネットにおける「ものごとの記述」

インターネットは、複数の自律組織の緩やかな「つながり」による相互(“inter-”)ネットワークであり、政府等いかなる権力による支配や制御は行われない。その技術、ルール、ガイドライン等は、ISOC(Internet Society)というヴォランティア組織により規定される。ISOC は、様々なタスクを実行するいくつかの下部組織から構成される。

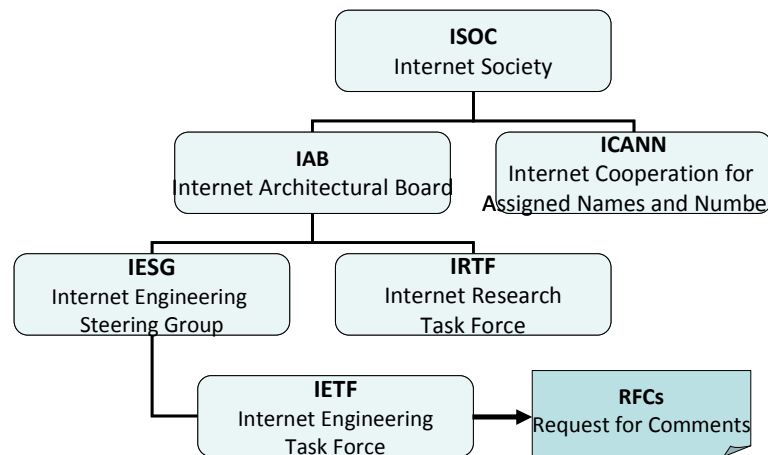


図 4-1 インターネットソサイエティ (ISOC) とその下部組織

実際の技術仕様策定を司る IETF(Internet Engineering Task Force)は、誰でも参加できるオープンな組織であり、インターネット全般に関わる技術開発、実装、利用、運用に関する議論を行う。

IETF により公開されるドキュメントを RFC と呼ぶ。RFC は、“Request for Comments (「コメント求む」)” という言葉が示すとおり、強制力のある標準ではなく、あくまでもある時点において行われた合意の表出 (インスタンス) に過ぎない。常に、新たな提案によって更新(update)または無効化(obsolete)される可能性がある。記述形態は自由であり、自己参照的な記述もよく行われる。例えば、標準化活動のプロセス自体についても、“The Internet Standards Process – Revision 3”(RFC2026, 1996)として公開されている。このように、必ずしも技術標準だけではなく、プロセスの進め方、運用や実装に関するガイドラインなども RFC として規定される。さらに哲学・倫理的な記述、そして詩 (ポエム)⁴⁶や冗談 (ジョーク)

⁴⁶ 代表的な「ポエム」RFC : “Act One - The Poems”(RFC1121, 1989)

⁴⁷までである。最初の RFC 文書は 1969 年に発表され、その後、節目には振り返りの RFC 文書 (RFC2555, 1999)、(RFC5540, 2009)が発行されている。

RFC になる前の草稿、Internet Draft (I-D と表記) は、誰でも起草することができる。個人が提出した I-D は、トピックに即した作業部会(Working Group, WG と表記)で議論され、WG で必要性、有益性が認められたものは、「個人ドラフト」から「WG ドラフト」になり、さらに議論が行われ、IESG(Internet Engineering Steering Group)でレビューが行われた後に、RFC として発行される。

このボトムアップ的、かつ生成的な「ものごとの記述」の仕方は、2.1.2 項でも取り上げた「パターンランゲージ(アレグザンダー, 1993)、(Alexander, et al., 1977)」の考え方に類似している。パターンランゲージでは、あるものごとに関する、Context (どのような状況で)、Problem (起きている問題は何か)、Solution (問題に対する解決策案)を記述する。また、パターンに名前を与えることにより、それをコミュニケーションする際の共通言語とする。これをインターネットにおける I-D/RFC 文書に対応させれば、パターンランゲージの Context が”Background”に、Problem が”Problem Definition / Description”に、Solution が提案・記述内容の本文に、名前が”Title”に相当する。そして何よりも、その生成の仕方がボトムアップで自生的であり、拘束力を持つルールというよりは緩やかな合意である、という点が、共通している。

そこで本研究では、RFC 文書を主な参照元として、インターネットにおける「倫理」と「アーキテクチャ」を抽出する。

⁴⁷ 代表的な「冗談」RFC : “Telnet Randomly-Lose Option”(RFC748, 1978)、“A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers”,(RFC1149, 1990)など。

4.1.2 インターネットにおける「倫理」

一般的には、「インターネットの倫理」とは、インターネットを使用する際の倫理を意味することが多い⁴⁸。インターネットの特に初期においては、ユーザと提供者はかなりの部分重なっていたため、ユーザとしての倫理と提供者としての倫理は重複する部分も多いが、本研究においては、特に提供者側（技術標準の策定、設計、構築、運用）に関わる倫理を扱う。以下に、主に RFC 文章から抽出した、インターネットにおける「倫理」原則を記載する。

(E1) インターネットにおける「倫理」原則－1「徹底した直接民主主義」

(概要)

中央集権的な権威に頼らず、ボトムアップかつ緩やかな合意を取りながら、漸次改善して行く。そのためには、参加者各々が、自律的に考え行動しなくてはならない。自らの手で良くして行く、という発想。官主導による規制に頼るのは忌まわしい行為とされる。

(記述例)

“We reject: kings, presidents, and voting.” (Clark, 1992)

「我々は君主、総裁、そして投票を含めたいかなる権威も認めない。」

⁴⁸ インターネットを使用する際の倫理としては、基本理念的なものが “Ethics and the Internet”(RFC1087, 1989)に規定されており、また、インターネットでのコミュニケーションに関する具体的な倫理ガイドラインが、“Netiquette Guidelines”(RFC1855, 1995)に明文化されている。Netiquette とは、Network Etiquette の略。

"Internet is for everyone - but it won't be if Government restricts access to it, so we must dedicate ourselves to keeping the network unrestricted, unfettered and unregulated. We must have the freedom to speak and the freedom to hear."

"Internet IS for everyone - but it won't be unless WE make it so." (RFC3271, 2002)

「インターネットはみんなのもの。だから政府がアクセスを制限するようなことがあってはならない。我々は、ネットワークが制限も拘束も規制も受けないように努力しないとならない。」

「インターネットはみんなのもの。しかしそのためには、我々が、そうなるようにしなくてはならない。」

"Fortunately, nobody owns the Internet, there is no centralized control, and nobody can turn it off. Its evolution depends on rough consensus about technical proposals, and on running code."(RFC1958, 1996)

「幸いなことに誰もインターネットを所有している訳ではない。中央集権的な制御はなく、誰もそれを停めることはできない。インターネットの進化は、技術提案に対する緩やかな合意と、実際に動作するコードに依存する。」

(E2) インターネットにおける「倫理」原則－ 2 「実証とプラグマティズム」

(概要)

IETF では、優れた理論よりも、科学的知見よりも、何よりも、Rough Consensus（緩やかな合意）と Running Code（実際に動作しているコード）を重視する。これは「どんなこともやってみなければわからない」という不可知主義な思想にも基づいている。

実際、ネットワーク運用の現場では、ある程度実装や 相互接続、運用を経験してみて、初めて必要な仕様が明かになる場合が非常に多い。そのため、標準として採用される以前に、ある程度の検証が済んでいることが前提とされる。これにより、技術の卓越性を犠牲にせずに、標準化の短期化を実現する。

これは、他の多くの標準化団体（ITU-T、ISO、3GPP など）と大きく異なる。チェックランドのシステム工学手法で言えば、多くの標準化団体は Hard Systems Approach、IETF は Soft Systems Approach ということになるうか。実装が仕様に先立つ。仕様は決定的なものではなく、変わり行くものと捉える。

(記述例)

“We believe in: rough consensus and running code.” (Clark, 1992)

「緩やかな合意と、実際に動作するコードを信じるのみ。」

“The goal of technical competence, the requirement for prior implementation and testing, and the need to allow all interested parties to comment all require significant time and effort. On the other hand, today's rapid development of networking technology demands timely development of standards. The Internet Standards Process is intended to balance these conflicting goals. The process is believed to be as short and simple as possible without sacrificing technical excellence, thorough testing before adoption of a standard, or openness and fairness.” (RFC2026, 1996)

「高い技術的目標、事前の実装と試験、およびすべての関係者による論議を実現するためには、多大な時間と努力を必要とする。一方、今日のネットワーク技術の急速な発展は、標準の時宜を得た開発を要求する。インターネット標準化プロセスは、この葛藤する目標のバランスを取らなくてはならない。標準採用に先立つ実証試験、オープン性、公平性により、技術的優秀性を犠牲にすることなく、プロセスを短期に、シンプルにすることができると信じる。」

(E3) インターネットにおける「倫理」原則－ 3 「不確定性への対処」

(概要)

ネットワークでは、何かを与え、何かを受けることによりコミュニケーションが成立する。通常の技術システムであれば、仕様さえ決まっていれば、何がどのようなフォーマットで送られてくるか予め予想できるはずであるが、インターネットは多元的な「つながり」のシステムあるため、不確定性への対処を組み込む必要がある。

(記述例)

"Be conservative in what you do, be liberal in what you accept from others."
- Jon Postel. , IETF networking protocol design maxim.((USC), 1998)

「自分が行動するときは慎重に、他人から何かを受けるときには寛大に。」

"Be conservative in what you send and liberal in what you accept"(RFC1087, 2006)

「自分が送信するときは慎重に、他人から受信するときには寛大に。」

4.1.3 インターネットにおける「アーキテクチャ」

多くの人工システムの場合、アーキテクチャは、その理念や原理に基づいて、トップダウン的に設計される。しかしインターネットの場合は、アーキテクチャさえも、自己組織的に形成され、変遷する。

このアーキテクチャ理念についても、いくつか RFC の記述がある。

“A grass-roots solution seems to be the only means to the success. Top-down mandates are powerless.” (RFC1287, 1991)

「草の根的解決方法が唯一の成功への手段であるらしい。トップダウンによる強制は効果がない。」

“In searching for Internet architectural principles, we must remember that technical change is continuous in the information technology industry. The Internet reflects this. … In this environment, some architectural principles inevitably change.” (RFC1958, 1996)

「インターネットアーキテクチャ理念を探求するに当たり、我々は、情報技術業界においては常に技術的変遷が起こっていること念頭におかなくてはならない。インターネットはこれを反映している。 - 中略 - かかる状況において、アーキテクチャ理念も変更を余儀なくされる。」

以下に、インターネットにおける「アーキテクチャ」原則を記載する。なお、インターネットアーキテクチャ記述に関しては、(RFC1287, 1991)、(RFC1462, 1993)、(RFC1925, 1996)、(RFC1958, 1996)、(RFC2101, 1997)、(RFC2775, 2000)、(RFC3234, 2002)、(RFC3439, 2002)、(RFC5218, 2008)を参照している。

(A1) インターネットにおける「アーキテクチャ」原則－ 1 「コンバージェンスレイヤとしての IP」

(概要)

IP(Internet Protocol)は、下位に対してコンバージェンスレイヤとして動作し、上位に対してはイネーブラ、プラットフォームとして動作することにより、進化を容易にする。

図 4-2 に、インターネットの基本アーキテクチャモデルを示す。IP は、OSI 参照モデルにおける第 3 レイヤ（ネットワーク層）に位置し、下位のメディアを問わない。現在主流のイーサネットや WiFi、3G セルラー（携帯電話インフラ）のみならず、SONET/SDH、また、ATM やフレームリレーといった、一昔前のメディアでも問題なく動作する。しかも MPLS や PPP、その他 Tunnel Encapsulation による階層化が可能で、隠蔽、抽象化による柔軟性を持たせることができる。今後どんな新しい技術が出て来ても、適応的に対応することが可能である。

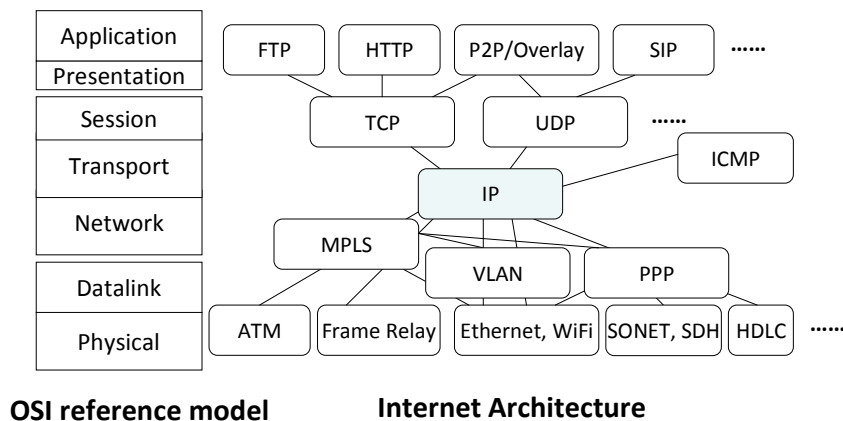


図 4-2 インターネットの基本アーキテクチャモデル

一方、IP レイヤの上位でも、多種多彩なアプリケーションが、TCP/UDP ソケットという共通のプロトコルインタフェースを用いて活発に開発されている。つまり、IP 層が、システムを収束するコンバージェンス層として作用することにより、下位の多様な通信メディアをサポートするとともに、上位の自由なアプリケーションの生成や創発を促進している。

(A2) インターネットにおける「アーキテクチャ」原則－ 2 「”End-to-End 原則”と”Middlebox の許容”というダブルバインド」

(概要)

インターネット初期においては、End-to-End アーキテクチャは、インターネット設計上の重要なアーキテクチャ原則であった。通常分散システム設計においては、機能を分解し各モジュールに配置し、各モジュール間の境界とインタフェースを明確にすることが定石となるが、エンド to エンドアーキテクチャではむしろ、システム全体を包括的に捉え、機能配備を専らエンドシステムに持たせることにした。アプリケーション機能は勿論のこと、誤り制御、再送制御、輻輳制御、さらに障害の検知・復旧等の通信制御機能もエンドシステムに委ね、エンドシステム間を接続する網を、単なるトランスポートまたはコネクティビティを提供するだけのものとして抽象化することにより、それまででない自由度、効率性、拡張性、柔軟性をインターネットにもたらすことになった(RFC1958, 1996)、(Saltzer, Reed, & Clark, 1984)。

しかしその後、インターネットは商用化され、ユーザ層の変化（専門家から一般消費者へ）、新たなステークホルダー（通信事業者、政府の関心）の台頭等、大きく状況は変化した。それを受け、End-to-End 原則を著した論文(Saltzer, et al., 1984)の著者の一人であるMITのDavid Clarkを含めた研究者たちは、自らエンド to エンドに取って代わりうるアーキテクチャ可能性について論じた(Blumenthal & Clark, 2001)。

彼らは、以下の項目を現在のインターネットに対する新たな要求条件として挙げ、それらはエンド to エンドアーキテクチャを提唱した時の前提条件とは少し違っていることを指摘している。

- 信用できない世界での運用 - Operation in an untrustworthy world
- 一層要求条件の高いアプリケーション - More demanding applications
- ISP サービスの差別化 - ISP service differentiation
- 第三者の介入 - the rise of third-party involvement
- 洗練されていないユーザ - less sophisticated users

そして、現に、アドレス節約や企業ネットワークとグローバルインターネットとのゲートウェイとなる NAT(Network Address Translator)を始めとする Middlebox（ネットワークの中間に介在するデバイス）が使われるようになっている。

一方で、End-to-End アーキテクチャを、変わらぬインターネット上の重要原理と捉える人たちもいて、現在の IPv4 に変わる IPv6 の推進上のメリットの一つとして、「インターネットの End-to-End 原則を再び取り戻すこと」が挙げられることも多い。

従って、現在のインターネットにおいては、「End-to-End 原則」と「Middlebox 許容」の2つのアーキテクチャ原則が存在し、ダブルバインド状態になっている、と捉えることができる。

(A3) インターネットにおける「アーキテクチャ」原則－3 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」

(概要)

前項で「ダブルバインド」と書いたが、そもそもインターネットにおいては、唯一のアーキテクチャがあると仮定している訳ではないし、また、アーキテクチャさえも自己組織的に生成されると考えられている。即ち、「アーキテクチャ原則は絶対ではない。」

(記述例)

“Engineering feed-back from real implementations is more important than any architectural principles.”(RFC1958, 1996)

「実際の実装に対するエンジニアリングからのフィードバックが、どのようなアーキテクチャ原理よりも重要である。」

4.1.4 「倫理」原則と、「アーキテクチャ」原則のまとめ

これまでに検討した、インターネットにおける「倫理」原則と「アーキテクチャ」原則をまとめると、次のようになる。

(インターネットの「倫理」)

E1	「徹底した直接民主主義」
E2	「実証とプラグマティズム」
E3	「不確定性への対処」

(インターネットの「アーキテクチャ」)

A1	「コンバージェンスレイヤとしての IP」
A2	「”End-to-End 原則”と”Middlebox 許容”というダブルバインド」
A3	「アーキテクチャ原則は絶対ではない」

4.2 事例：IPv4 アドレス枯渇問題

4.2.1 何が起きているのか

現在使われている IPv4(Internet Protocol Version 4)は、4 bytes(= 32 bits)のアドレススペースを持つ。理論的最大値である 2^{32} は約 43 億であり⁴⁹、世界の総人口数約 65 億よりも小さい。IPv4 のアドレススペース制約は以前から認識されていた問題で、IETF を中心に、次世代の IP 方式が 1991 年より議論されている⁵⁰。そして 1995 年に IPv6 が提案された(RFC1883, 1995)、(RFC1884, 1995)。IPv6 ではアドレススペースを 16 bytes(= 128 bits)に拡張している。即ち 2^{128} 個、現 IPv4(43 億)の 96 乗個という、莫大なアドレス空間を供給できる。

しかし、初期の仕様策定以降 15 年が経つにも関わらず、未だ IPv6 の普及は遅々として進まない。2011 年 1 月現在、IANA⁵¹における IPv4 アドレスブロックの在庫は残り 2%となったが⁵²、現時点においても広報されている IPv6 経路は IPv4 経路数の 1%に過ぎない。IPv6 経路の方が IPv4 に比べて集約率が高いため、一概に経路数だけで比べることは適切でないが、1%というのは問題外の数値と言わざるを得ない⁵³。図 4-3 に、IPv4 経路数、IPv6 経路数とその割合を示す。

なお、IPv6 普及度を示す指標としては、経路数の他にも、IPv6 に対応したコンテンツサイトの数、DNS 問い合わせ数等がある。図 4-4 に IPv6 コンテンツサイトの割合、図 4-5 に DNS 問い合わせに閉める IPv6 の割合を示す。いずれも、IPv6 の普及は多少なりとも進んではいるものの、現在主流の IPv4 に比べると、1%に満たないことを示している。

⁴⁹ 分割損や通常のアドレスとして使用できない領域があるため、実際にはさらに少ない。

⁵⁰ 1991 年の時点では、大きく 3 つの可能性が示された。1) 32bit のアドレスフィールド長は変えないまま、別の意味を持たせる。全てをフラットにグローバル到達性を持たせるのではなく、何らかの階層性を設ける。2) アドレスフィールド長を 64bit などに拡張し、拡張したフィールドに、グローバルホストアドレスとその管理ドメイン情報を保持する。3) アドレスフィールド長を 64 bit などに拡張し、拡張したフィールドを、フラットなホスト識別に使用する。実際に採用された IPv6 は、2)に最も近い。

⁵¹ Internet Assigned Number Authority. IP アドレスは総元締の IANA から各地域の RIR(Regional Internet Registry)に配分されるため、最終的にアドレスが無くなるのは、RIR での在庫が無くなった時である。大体 IANA での終了後数ヶ月から 1 年くらいで RIR の在庫も底をつくと予想されている。

⁵² 2010 年 12 月 14 日に、IANA/ICANN の下部組織である APNIC(Asia Pacific Network Information Centre)より APNIC が持つ IPv4 アドレス在庫は、2011 年の第 4 四半期までには、消費される、という声明が出された。

<http://www.apnic.net/publications/news/2010/ec-statement>

⁵³(ロジャース, 2007)や(J. Sterman, 2000)が示すとおり、効用が先行リスクを上廻り、普及へのポジティブループが回り始めるのは、累積確率分布で 16%を越えるあたりである。

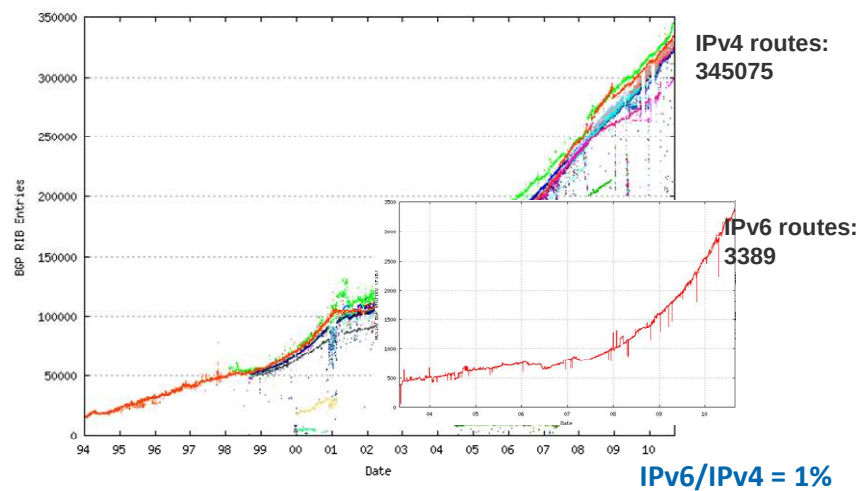
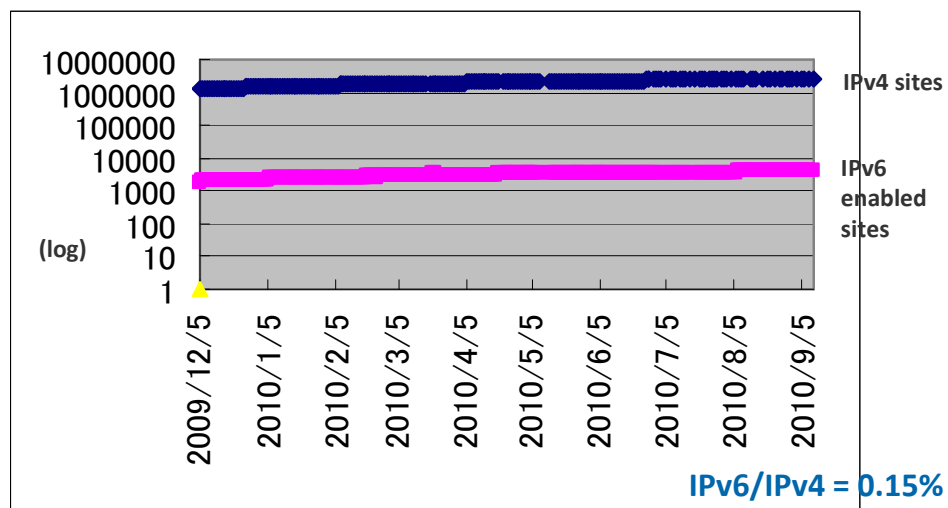
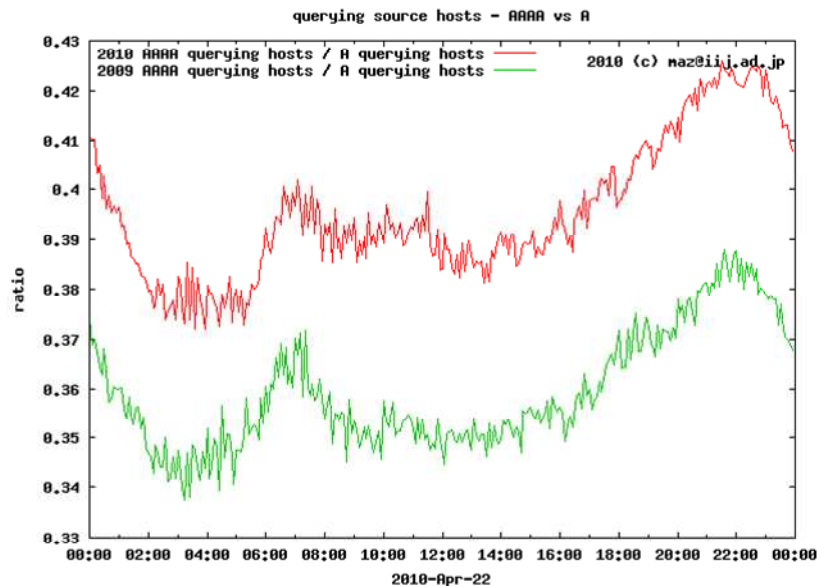


図 4-3 IPv4 経路数と IPv6 経路数 (<http://bgp.potaroo.net/v6/as6447/>を基に作成)



Source : Comcast - IPv6 vs. IPv4 content among top 1M+ web sites reachable

図 4-4 IPv4 サイトと、IPv6 enabled サイトの割合 (y: log plot)



Source : Yoshinobu Matsuzaki @ IJ

IPv6/IPv4 = 0.41%

図 4-5 DNS 問い合わせの、IPv4 vs IPv6 の比率 (2009, 2010)

但しこれは、あくまでも「インターネットにおいて」IPv6 の普及が進んでいないだけで、IPv6 の技術実装自体が遅れている訳ではない。従って、単一のサービスプロバイダの制御管理下にある閉域網においては、IPv6 化は困難ではない⁵⁴。例えば、NTT 東西が提供する「ひかり TV」⁵⁵では IPv6 が使われており、エンドユーザは IP のバージョンを意識することなく、大きな問題なく IP による TV 配信を利用している。

⁵⁴ しかし閉域網の場合は、そもそもグローバルアドレスを付与する必要がないため、実はアドレス枯渇は問題にならない。何とも不条理である。

⁵⁵ ひかり TV 公式サイト <http://www.hikaritv.net>

4.2.2 技術変遷の困難性

アドレス不足はかなり前から分かっていたにも拘らず、また、そのための技術が標準化され実装されているにも拘らず、なぜこんなにもその技術の普及が困難なのであろうか。ここでは、まず、一般的な論考を試みる。

E.ロジャースは、イノベーションの普及について次のように述べている。イノベーションの普及とは、1) 新しい技術が、あるコミュニケーションチャネルを通じて、3) 時間の経過の中で、4) 社会システムの成員の間に伝達される過程である(ロジャース, 2007)。その上に、その技術を採択するにあたって、コストが期待される効用よりも多くかかる場合や困難を伴う場合、外部性要因がある場合などは、さらに複雑になるだろう。

複雑系ネットワークエコノミーの観点からは、収穫逡増、ロックイン、経路依存などの事象により、あるひとつの選択をすると、その選択に縛られてしまうことが指摘されている(アーサー, 2003)。さらに、結果が原因に比例しない(非線形)、直感に反する(複雑なシステムでは原因と結果が時間的にも空間的にも離れている)、短期策と長期策が両立しない(フィードバックプロセスにおいて時間的遅れがあるため)などの、ダイナミックな複雑性も考慮しなければならない(J. Sterman, 2000)。

科学哲学的な文脈からも、アーキテクチャ変遷の困難性が語られる。

「危機にあるパラダイムから新しいものへ移る移り行きは、(中略) 古いパラダイムの整備と拡張で得られる累積的な過程とは、はるかに隔たっている。」(クーン, 1971)

「業界におけるほとんどの技術進歩は持続的である。(中略)。破壊的(disruptive)な技術は、少なくとも短期的には、一時的に品質や性能を下げることもある。しかしながら、皮肉なことに、現在先導している企業の失墜を促進するのは、破壊的な技術である。」(Christensen, 1997)

「現在成功している製品をつくったチームは、その製品を進化させるにはベストだが、新たな代替品をつくるためには向いていないことが多い。」(M. Maier & Reichtin, 2000)

これらは、現在のアーキテクチャの成功自体が、その成功の継続に注力させるために、次のアーキテクチャへの移行を妨げる。また、現在成功しているアーキテクチャを実現する時に、それが必ずしも次にはあてはまらないような暗黙の前提を置いてしまい、無意識にその前提に縛られる、等のジレンマ的現象を指摘している。

そして、観察者自らがシステムの内部で行動すると、自らの行動そのものがシステムに影響を及ぼしてしまう、という自己言及性も、前述のダイナミックな複雑性の要因になっている可能性があり、留意しておかなければならない点であろう。

4.2.3 「倫理」と現実の分析

本項においては、4.1 節で抽出した「倫理」特性を、根源的要因として位置づけ、IPv4 枯渇問題、IPv6 普及困難性問題について、Causal Loop モデルを使って記述することにより、「倫理」と現実の関係や整合性について分析する。

4.2.3.1 倫理 1 「徹底した直接民主主義」

「倫理」原則 1 「徹底した直接民主主義」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-6 に示す。

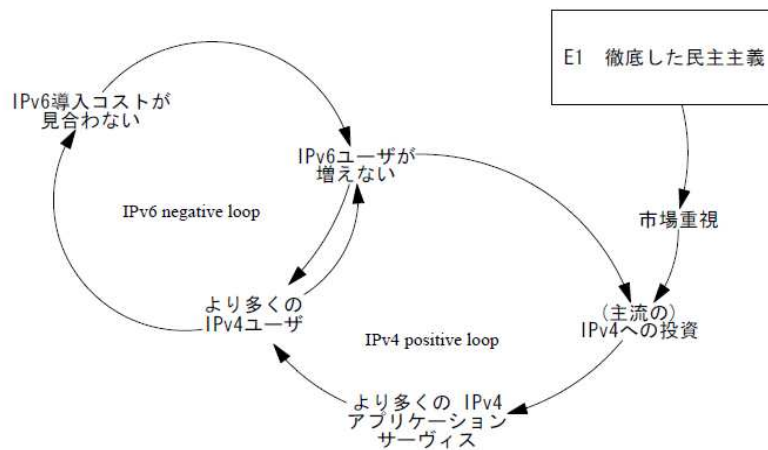


図 4-6 倫理 1 「徹底した民主主義」を根源的要因とした Causal Loop 図

民主主義を徹底させ中央集権的権威を一切排除した場合、「つながり」のシステムを構成する各参加者・参加組織の経済活動は、市場重視になる以外の道はない。より正確に言うと、市場とは、参加者が自らの判断で行動することによる結果以外の何物でもない、ということだ。

市場重視ということは、投資先は必然的に、現在主流で多くの見込みユーザが期待される IPv4 になる。そして、IPv4 の継続使用への positive loop と、IPv6 普及への negative loop が形成されることになる。

このことと好対照を為すのは、TV 放送の、アナログから地上デジタルへの移行である。TV 放送も、放送者、インフラストラクチャ、インフラ設備製造者、受信者、受信端末、受信端末の製造者などの多くの参加組織が関与する、「つながり」のシステムといえる。そして、移行に当たっては、一般視聴者も含め少なからずコストが発生する。市場に任せていたら移行はなかなか進まないだろう。しかし地上デジタルに関しては、国が先導し、期日を定め、全面移行を断行しつつある。政府が主導し、民間も同調して、前面切り替えを推進する現在の日本の様子には違和感もあるが、これは日本だけではない。日本よりも民主主義が浸透している米国でも、地上デジタルの切り替えを行っている。尤も、米国ではケーブル TV が普及しているため、視聴者の切り替えコストは低く抑えられる。また、米政府による、低所得者世帯に対する無償アダプタ提供も行われた。勿論一筋縄にはいかず、2回に渡る期日延期を行ったようだ。しかしとにかくも、日本に先駆けて切り替えを実施した。

良し悪しは別にして、国策、政府の存在は、少なくともある程度の強制力・支配力を意味し、技術移行や環境問題などの、市場だけでは解決が困難な問題への対処可能性を持ちえる、ということだろう。一方、直接民主主義を徹底して行くと、アナーキズムにつながる。インターネットには既に国境もない。そしてその倫理思想はアナーキズムのそれに近い。インターネットは、壮大なアナーキズムの実験をしている、ということなのかもしれない。

4.2.3.2 倫理 2 「実証とプラグマティズム」

「倫理」原則 2 「実証とプラグマティズム」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-7 に示す。

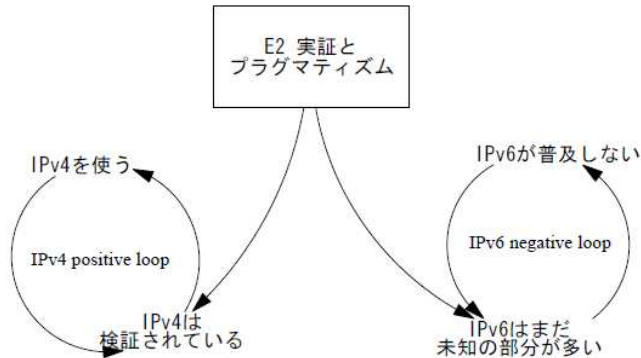


図 4-7 倫理 2 「実証とプラグマティズム」を根源的要因とした Causal Loop 図

実証を重視する実践主義もまた、IPv4 の継続使用への positive loop と、IPv6 普及への negative loop を形成する。IPv6 は、随時相互接続試験も行われているし、また前述のとおり閉粋網であれば既に商用展開も行われている。しかし、グローバルな展開という意味ではやはり未知の部分が多く、特に、広大な未使用アドレス領域やプラグアンドプレイ機能による、さらに大規模運用経験が乏しいことによるセキュリティリスクは、大きく見積もらざるを得ない。また、閉粋網とグローバル網との干渉問題もある。

新技術導入にリスクを伴うのは当然であり、インターネットにおいても多くの新技術が導入されている。そして、新規導入のときに多少の問題があっても、時とともに問題は収束し、改善して行く。しかし問題は、IP はサービスではなくインフラストラクチャである、という点である。ユーザに対して新たな価値をもたらすものではなく、しかもインフラストラクチャに対しての信頼性と稼働率への要求は、既に高いものになっている。即ち、現在の成熟した IPv4 と同じレベルの信頼性と稼働率が、最初から求められることになり、ニワトリタマゴ問題を強化する。

4.2.3.3 倫理 3 「不確定性への対処」

「倫理」原則 3 「不確定性への対処」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-8 に示す。

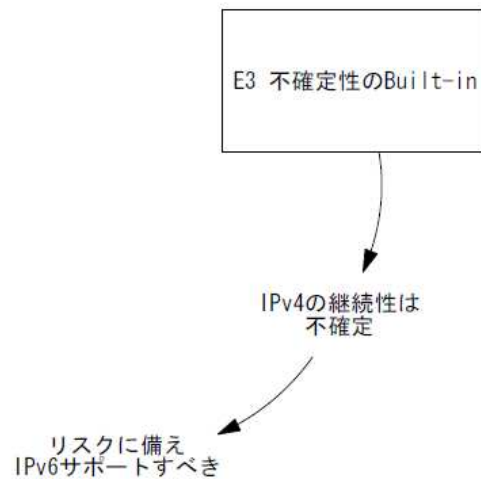


図 4-8 「不確定性への対処」を根源的要因とした Causal Loop 図

不確定性の Built-in という観点からは、IPv6 導入はもっと促進されてもよい。IPv4 の継続性という不確定性に備えるため、また、受信時の寛容性、耐性を高めるために、IPv4 と IPv6 双方に対応する必要がある。

しかし現在のところ、これは motivation に過ぎず、ループを形成するには至っていない。そのため、既にループを形成しているダイナミクスに対抗し得るに至っていない。

4.2.4 「アーキテクチャ」と現実の分析

本項においては、4.1 節で抽出した「アーキテクチャ」特性を、根源的要因として位置づけ、IPv4 枯渇問題、IPv6 普及困難性問題について、Causal Loop モデルを使って記述することにより、「アーキテクチャ」と現実の関係や整合性について分析する。

4.2.4.1 アーキテクチャ 1「コンヴァージェンスレイヤとしての IP」

「アーキテクチャ」原則 1「コンヴァージェンスレイヤとしての IP」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-9 に示す。

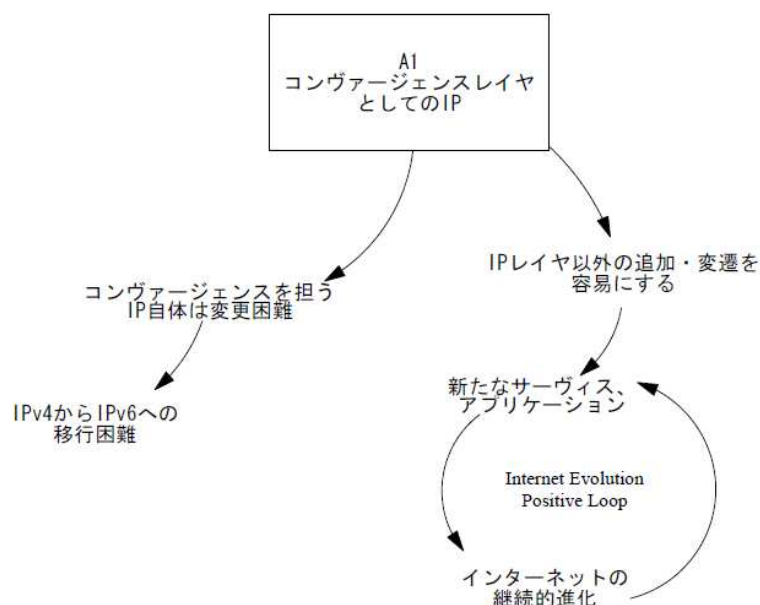


図 4-9 「コンヴァージェンスレイヤとしての」IP を根源的要因とした Causal Loop 図

4.1.2 項にて議論したとおり、IP レイヤは他のレイヤに対するコンヴァージェンス機能を担っており、サービスやアプリケーションを実現するためのプラットフォームとなっている。常に新たなサービス、アプリケーションを生み出し、また、下位メディアも技術の進展に応じて入れ替えられる。このことは、インターネットの継続的進化を促すループを形成する。

一方、プラットフォームであるがゆえに、IP 自体を別のものに置き換えようとすることは大きな困難を伴う。IPv4 と IPv6 はそれぞれ別体系のアドレスであり、相互互換性がないため、通信制御や OS 等の基本部分だけでなく、各アプリケーションの修正が必要になる。

4.2.4.2 アーキテクチャ 2 「” End-to-End 原則” と” Middlebox 許容” というダブルバインド」

「アーキテクチャ」原則 2 「” End-to-End 原則” と” Middlebox 許容” というダブルバインド」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-10 に示す。

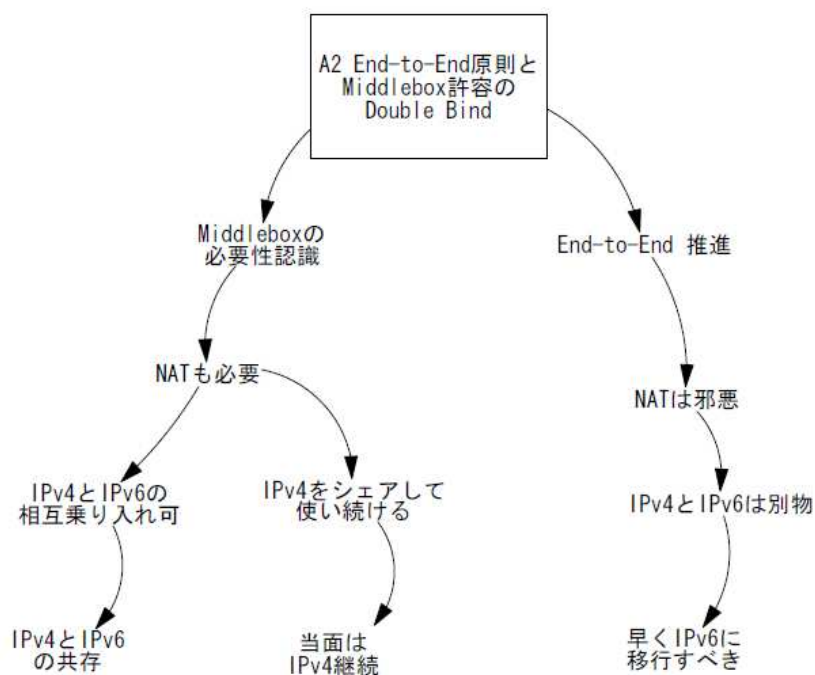


図 4-10 「” End-to-End 原則” と” Middlebox 許容” というダブルバインド」を根源的要因とした Causal Loop 図

End-to-End 原則は、インターネット初期においては支配的なアーキテクチャ原則であった。ネットワークに各種サービスや高度機能を盛り込む” Intelligent Network” を追求していた電話網を揶揄し、インターネットを” Stupid Network” と称した⁵⁶。End-to-End

⁵⁶ “The Dawn of the Stupid Network”, David S. Isenberg,

原則に則ると、インテリジェンスはエンド端末にのみ求め、ネットワークは愚直にビットを運ぶのみ。このことにより、スケーラビリティ（スケーリングのためのボトルネックがネットワークに存在しない）と柔軟性（革新的な新たなサービスの追加が容易）を実現する。

しかし、企業においても、企業網のネットワークアーキテクチャとして TCP/IP を採用するようになり⁵⁷、オープンでグローバルなインターネットに対し、クローズな「イントラネット」という概念ができた。プライベート用のアドレススペースも RFC で定義された (RFC1918, 1996)。こうなると、すべてがオープンでフラットというアーキテクチャよりも、プライベートの空間とグローバルの空間との敷居になるような仲介装置(Middlebox)を置くことにより、セキュリティやプライバシーを保護するネットワークアーキテクチャへの要求が出てくる。代表的な Middlebox の機能としては、NAT⁵⁸や firewall⁵⁹がある。

但し、NAT には欠点もある。End-to-End での透過性を損なうため、一部のアプリケーションが使えなくなることがある⁶⁰。また、NAT テーブルはメモリ資源を消費するため、スケーラビリティ上のボトルネックになり得る。IPv6 はアドレススペースが非常に潤沢であるため、プライベートアドレスおよびアドレス節約という概念はもはや必要ない。そこで、「必要悪だった NAT を排除し、再びオープンでフラットなインターネットを取り戻そう」というのは、IPv6 推進の大きなポイントの一つである。

このように、「End-to-End 原則をできるだけ遵守すべき」、という考え方と、「Middlebox を許容すべき」、という 2 つの異なるアーキテクチャ原則が存在するために、IPv4 枯渇対策に関する考え方も多様になっている。

<http://www.isen.com/papers/Dawnstupid.html>

⁵⁷ それまでは、企業のネットワークアーキテクチャとしては、SNA(IBM)、IPX(Novel)、DECnet(DEC)、AppleTalk(Apple)などのヴェンダーアーキテクチャが主流だった。

⁵⁸ Network Address Translation。プライベートアドレスからグローバルアドレスへのアドレス変換を行う。また、アドレスフィールドだけでなくポートを活用することにより (NAPT, Network Address and Port Translation)、ひとつのグローバルアドレスに複数のプライベートアドレスを対応させることにより、アドレススペースの節約が可能になる。NAT 機能は、先に商用化、実展開が行われ、IETF においては追認する形で、後から標準化された。

⁵⁹ グローバルネットワークからの意図せぬ潜入や意図的な攻撃（ハッキングやクラッキング）からの遮断をすることを防火壁にたとえている。基本的には NAT の構造を利用するが、さらにきめ細かい機能を加えている。

⁶⁰ 同時に NAT 越え技術も継続的に開発される。

4.2.4.3 アーキテクチャ 3 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」

「アーキテクチャ」原則 3 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」を根源的要因とした Causal Loop 図を図 4-11 に示す。

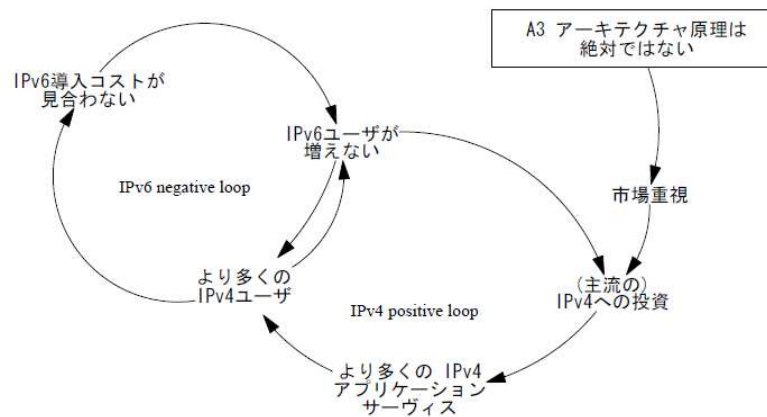


図 4-11 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」を根源的要因とした Causal Loop 図

インターネットにおけるアーキテクチャおよび技術仕様は、あくまでも現時点でのラフな合意であり、絶対的なものではない。つまり、絶対に従わなくてはならないアーキテクチャや遵守しなくてはならない技術仕様というものは存在しない。そのため、技術投資の基準はやはり市場の動向に依拠することになり、倫理原則 1 「徹底した民主主義」と同様のループ構造となる。

4.2.5 他の事例との比較

ところで、インターネットの IP レイヤにおいても、技術変遷を成し遂げた（正確には、成し遂げつつある）事例がある。古くは、Classful Addressing から CIDR への変更⁶¹、最近では BGP AS 番号の拡張である。これらは、インターネットの「倫理」原則や「アーキテクチャ」原則によるダイナミズムに、少なくともある程度は、則った形で推進されているものと仮定できる。特に、BGP AS 番号の拡張に関しては、アドレス空間不足→空間拡張という意味で、IPv4→IPv6 と問題構造が類似している。そこで、本節では AS 番号拡張の事例を取り上げ、IPv6 の事例との比較を行う。

インターネットを構成する組織－AS(Autonomous System)を表すための番号は 2 Octets スペースであるため、216=65,535 までという制限がある。この制限は当初から認識されていた問題であったが、当時は、インターネットにおける EGP⁶²を、AS 番号が不足する前に、OSI プロトコル⁶³である IDRP に移行することが期待されていた(RFC1629, 1994)、(ISO10747, 1993)。しかし実際には IDRP への移行は行われず、IETF にて、AS 番号を 4 Octets に拡張するための提案が行われた(RFC4893, 2007)。

この提案は、4 Octets だった IP アドレススペースを 16 Octets に拡張した IPv6 提案(RFC1883, 1995)と、単純なスペース拡張という意味で、原理的には同様である。しかし、4Octets ASN 非対応の BGP ルータとの後方互換性を維持するため、非対応 BGP ルータとピアリングする場合は、AS PATH アトリビュートにはダミーの番号を入力して 4Octets ASN を隠蔽し、新たに定義したオプションアトリビュートに 4Octets ASN を格納するような仕組みを持たせた。その他にも、ステークホルダーが限定されており(図 4-12)、参加組織間の協調が行われ易い、増分的展開が可能、などの理由により、なかなか進まない IPv6 の移行に比較すると、多少の混乱 はありながらも大きな問題なく進みつつある。

⁶¹ Classless Inter-Domain Routing (CIDR), (RFC1817, 1995)

⁶² AS 間にて外部経路情報交換を行うプロトコル。Exterior Gateway Protocol。それに対し、AS 内の経路情報交換を行うプロトコルを IGP(Interior Gateway Protocol)という。現在 EGP として使われているのは BGP4 である。

⁶³ 開放型システム相互接続(Open Standard Interconnection)。国際標準機構(ISO, International Standard Organization)により推進される、異機種間接続のためのプロトコル。IETF での標準が De facto Standard (事実上の標準)と言われるのに対し、OSI 標準は De jure Standard (法令上の標準)である。OSI 参照 7 階層モデルが有名である。一方、実際には TCP/IP が広く普及し、OSI は一部のサブセットを除き普及しなかった。

表 4-1 に、4 Octets ASN と IPv6 に関する、展開・移行上の特徴をまとめた。「アドレス空間の拡張」という問題構造や技術的難易度は類似しているが、「後方互換性(backward compatibility)」、「増分的展開性(incremental deployability)」、「一般ユーザへの影響」という点で、大きな違いがあることがわかった。そしてこれら 3 つのポイントは、その性質上、セクション 4.1 で検討したインターネットの「倫理」と「アーキテクチャ」のうち、倫理原則 1 「徹底した直接民主主義」、倫理原則 2 「実証とプラグマティズム」、アーキテクチャ原則 1 「コンバージェンスレイヤとしての IP」に対して、親和性が高い。また、ステークホルダーが限られていることも、共通見解を持ち易く協調し易い、という点で、プラスに働くだろう。

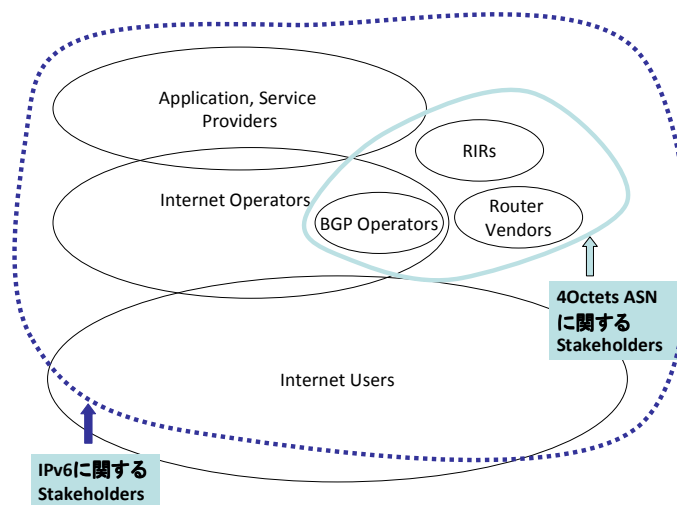


図 4-12 4 Octets AS 番号と IPv6 -ステークホルダーの違い

表 4-1 4 Octets ASN と IPv6 に関する、展開・移行上の特徴

	4 Octets ASN	IPv6
システム形態	× 複数の自律分散システム、中央による統制不可能	× 同左
技術変更箇所	× 基幹・中枢的	× 同左
ステークホルダー	○ 限定的、かつステークホルダー間の利害が対立しない	× ステークホルダーの限定ができない
技術的難易度	△ Control/Management Planeの変更のみ	△ 難易度が殊更高い訳ではない
後方互換性	○ あり	× なし
増分的展開可能性	○ あり	△ Dual stack
一般ユーザへの影響	○ 影響なし	△ 方針が揺らいでいるが、全くなしという訳には行かない

※ 技術変遷行動のし易さを、○△×で評価している。

4.3 フレームワーク適用による考察と問題の定式化

4.2 節において、「つながり」のシステムであるインターネットを事例とし、現象論的レイヤフレームワークを適用させて、インターネットの IPv4 アドレス枯渇問題を分析した。その結果、この問題を解決する筈の「IPv6 の普及、移行」が、インターネットコミュニティの行動原理である「倫理」原則、技術実装指針となる「アーキテクチャ」原則の双方に対して、整合していないことがわかった。抽出した倫理原則とアーキテクチャ原則を根源的要因とした Causal Loop 分析にて、その要因から帰結するダイナミクスの多くが、IPv6 の普及をさせにくい方向に作用していることを示した。

IPv6 仕様を開発・推進している（いた）人々は、インターネットやその成り立ちを熟知している筈の、重鎮とも言える人々であるため、この結果は意外であった。

一方、「倫理」原則と「アーキテクチャ」原則は、よく整合しており、相互関係し共通の帰結を導出した。

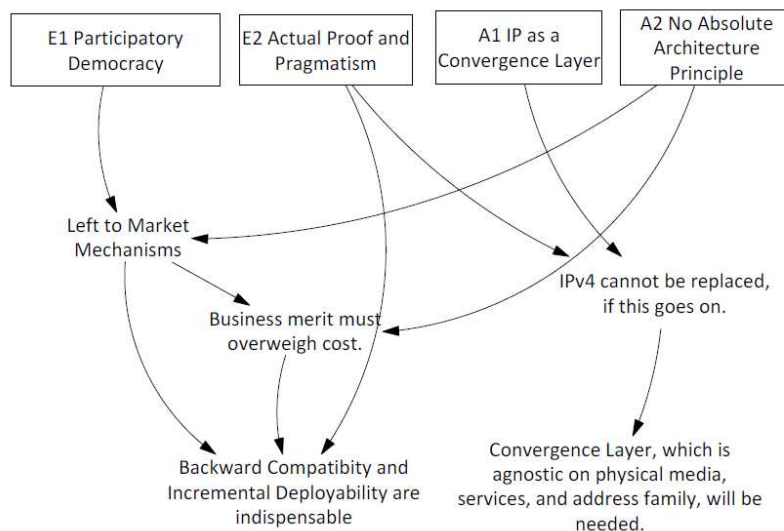


図 4-13 インターネットにおける「倫理」原則と「アーキテクチャ」原則の関係

チェックリスト形式に従いまとめると次のようになる。

「倫理」と「アーキテクチャ」は整合しているか	○
「倫理」と現象は整合しているか	×
「アーキテクチャ」と現象は整合しているか	×

その結果、問題は下記のように定式化される。

IPv4 アドレス枯渇問題を解決する IPv6 は、背後にあるインターネットの「倫理」原則、「アーキテクチャ」原則と親和性が低い。

従って、今後取り得る策としては、論理的に次の2つの方向となる。(方向は異なるが、排他的ではない。)

- 1) 「現実」を、「倫理」原則、「アーキテクチャ」原則に合わせる。例えば、
 - 後方互換性、増分的展開性を高めるように、技術仕様を見直す。
 - アドレス空間に関し、「ローカル」と「グローバル」でスコープを分ける。
- 2) インターネットの「倫理」原則、「アーキテクチャ」原則の方を、「現実」に即するように見直す。例えば、
 - 現在の倫理原則である、アナーキズムに近い「徹底した民主主義」を、多少、「共同体主義」的に倒す。
 - IP 以外のレイヤにコンバージェンス機能を持たせる。

この方向性を決めるためには、まさに「超越論的レイヤフレームワーク」が必要になる。現象論的レイヤで、「倫理」原則、「アーキテクチャ」原則と、「現実」との間に不整合や対立が生じている場合には、どちらを規範と捉え、どちらを脱構築すべきか、またはどちらとも脱構築すべきか、を考察する必要があるためである。

また、超越論的フレームワークの適用に当たっては、公式、非公式かは別にして、何らかのコミュニティの合議・合意形成が必要になるであろう。

5. 結論

5.1 結論

「つながり」のシステムと、そこでのオープンコラボレーション、オープンイノベーションによる可能性は計り知れない。「つながり」のシステムの持つ「自己組織性」は、創造、創発を促す源泉である。しかし、何らかの問題は起こり得る。資源的な限界や環境変化などの外部要因、利害対立や摩擦などの内部要因により、それまで上手く廻っていたシステムが壁に突き当たることがある。また、明示的には見えないまでも、問題が発生し増幅しつつあることもある。

このようなシステムを、合理的に設計することはできない。しかし、今起こっている現象を、その根源まで遡り徹底的に理解すれば、問題解決のためのデザインが可能になる。

本研究では、客観的・トップダウン的なシステム工学的デザインの適用が困難であった「自己言及性」、そして自生的でダイナミックな「自己組織性」を扱う方法論として、マルチレイヤモデリングフレームワークを提案した。

まず前半では、本研究の基礎となる先行システム方法論をレビューし、今回提案するモデリングフレームワークの目的と位置づけを示した。次に、行動理論モデルやアーキテクチャフレームワークの研究を通じ、今起こっている現象を正しく理解するための、「現象論的レイヤ(layer-[n])モデリングフレームワーク」を提示した。起こっていることを、その根源まで遡り徹底的に理解すれば、問題を具体的に設定することができ、解決策も自ずと見えてくる。しかしそれでも、システムへの参加者自らが参加するシステムを記述すると、自己言及問題に陥る可能性がある。そこで、自己言及問題や、同調圧力・集団思考などの過度の強化フィードバックを克服するために、「超越論的レイヤ(Layer[n-1])モデリングフレームワーク」を提案した。

そして後半では、「超越論的レイヤ Layer[n-1])モデリングフレームワーク」の必要性を検討した。具体的には、インターネットにおける合意形成プロセスの分析や、「調和」の現象である楽曲のネットワーク分析を行い、「つながり」のシステムで定常的に起こるフィードバックループの存在を論じた。

次に、実際の事例として「インターネット IPv4 アドレス枯渇問題」を取り上げ、主に「現象論的(layer-[n])モデリングフレームワーク」を適用し、問題の発見および分析を行った。その結果、IPv4 アドレス枯渇問題を解決するための IPv6 は、今のままでは背後にある構造、即ち、インターネットおよびそのコミュニティの「倫理」原則、「アーキテクチャ」原則との整合性が低い、ということが示された。

以上のように、本研究では、「つながり」のシステムをデザインするために、現在起きていることを深く考察するための「現象論的レイヤフレームワーク」と、自己言及性や動的なフィードバックループを超越論的に克服するための「超越論的レイヤフレームワーク」からなる、マルチレイヤモデリングフレームワークを提案し、実際の事例研究等により、その有効性を検討した。

5.2 今後の展望

「理性自身の能力の評価をするのは理性である」という限界は常について廻る。独善に陥らないように、あらゆる配慮が必要である。

事例研究として「インターネットの IPv4 枯渇問題」を対象とした今回は、根源となる「倫理」原則や「アーキテクチャ」原則を抽出するために、これまで脈々と記述されてきた RFC 文書をあたることができた。しかし、他を対象とする場合はそうはいかない。また、インターネットに関しても、最近は規則的な技術仕様が増えており、「記述」や「語り」のための RFC は減ってきている。そこで、「観察」をより多視点化し、フィールドワークとしての「記述」を行い、効果的に「受動的デザイン」を実施するために、CoI (Community of Interest) のような緩やかなコミュニティでのコラボレーションの必要性を感じている。これは、実践面での直近の課題とする。

一方、理論面の精錬化も行いたい。今回、楽曲という物理現象を「協和・調和（または不協和・不調和）」の表出と捉え、ネットワーク分析した結果、新たな気づきを得ることができた。同様に、人間や組織の行動も、現象面を捉えて分析し、それを超越論的視座を含む、多層・多角度から検討することにより、見えなかったダイナミクスを捉え、さらにそれを普遍的な理論へと精錬化できるのではないだろうか。また、その普遍的理論を、システム研究を通じて、超越論的哲学概念に接合することにより、より社会に役立てることのできる研究になるのではないだろうか。そのためには、まだまだ勉強しなくてはならないことがたくさんある。

謝辞

多くの方のご指導ご支援が無ければ、本研究は遂行できなかった。深く感謝したい。

かねてから著書を通じてファンであった前野隆司先生に直接ご指導戴けたのは大きな幸せであった。学問とは定義の積み重ねであるから本来 *exclusive* な作業だと思っていたが、前野先生はそれを超越した学問のあり方を志向されており、その包摂性(*inclusiveness*)に感銘すること度々であった。抽象具象に渡るシステム理論と、要所要所で戴いた鋭いご指摘は、まさに本研究の根幹をなしている。また、前野研に集まるゼミの仲間は多様な守備領域を持ち、話題が多岐に渡るため、土曜に終日行われるゼミも、あっという間に時間が経ったものだ。ゼミのメンバー、戦友とも思える *ALPS* チームのメンバー、それから、なぜかアサインメントも無いのに休日早朝からグループワークをやった「システム生命論（現システムの科学と哲学 II）」同期履修者のメンバーに対し、ここで一人一人お名前を挙げることは叶わないが、感謝の気持ちで一杯である。

副査の日比谷孟俊先生、佐々木正一先生、白坂成功先生にも貴重な助言を戴いた。白坂先生のアーキテクティングゼミでは、基礎となるアーキテクチャフレームワークから、全く新しいアーキテクティング方法論、そして音楽、文学、学び、遊び等、あらゆるものへの適用可能性までを議論することができた。保井俊之先生からは、工学領域から人間社会や経済領域をカヴァーする様々なシステム方法論を体系的に教えて戴いた。また、高野研一先生の人間工学論や創造性論からも大きな示唆を得た。

そして、SFC（湘南藤沢キャンパス）の井庭崇先生からは科学哲学の実践ということを学んだ。ネットワーク科学やネットワーク分析の方法、自生的アーキテクティングという考え方は、井庭先生に負うところが大きい。学部外生であるにも関わらず、暖かく受け入れてくださった井庭先生と、井庭研のメンバーに、心から感謝したい。

最後になったが、周囲の人たちへ。社会人学生生活を送るにあたり、どれだけ迷惑をかけ、またサポート戴かなくてはならなかったかを考えると、どんなに感謝しても足りない。学問は是非やるべきだと手放しで応援してくれた上司、サポートしてくれた同僚、共に学ぼうとしてくれる業界の仲間。そして、暖かく見守ってくれた夫と二人の娘たち。感謝の念に絶えません。本当にありがとうございました。

[図表目次]

図 1-1 インターネットトラフィックの日次統計 (http://www.mfeed.co.jp/jpnep-tokyo-i/traffic.html)	11
図 1-2 Google Analytics による Browsing 動作の統計 (http://www.google.com/analytics/)	12
図 1-3 写真投稿サイト Flickr に投稿されたデータの geotag から作成した地図(Crandall, 2010)	13
図 1-4 Sterman による Learning Loop (J. D. Sterman, 1994).....	15
図 1-5 代替的アプローチが依拠する科学的方法論と自然科学との対比	16
図 1-6 代替的アプローチによるデザインと一般的なデザインの対比.....	17
図 1-7 代替的アプローチと従来のシステムエンジニアリングアプローチの対比	18
図 1-8 SSM のプロセス (Checkland, 1990).....	22
図 1-9 モデリングと、観測・設計・実践	24
図 1-10 本研究の領域	29
図 1-11 本論文の構成 (V-model).....	30
図 2-1 現象論的レイヤ(layer-[n])フレームワーク	33
図 2-2 ネットワーク構造と感染率の違い (Watts, 2003).....	41
図 2-3 個人や組織の行動を規定するもの=「倫理」	43
図 2-4 超越論的レイヤ(Layer-[n-1])フレームワーク	47
図 3-1 全体の採択率と、poll 後最初の応答が“yes”だった場合の採択率	52
図 3-2 ネットワーク分析の方法 作業の流れ	54
図 3-3 楽曲のネットワーク分析結果：(a) バッハ 無伴奏チェロ組曲第 4 番.....	57
図 3-4 楽曲のネットワーク分析結果：(b) スクリャービン 練習曲 Op. 8-12.....	58
図 3-5 楽曲のネットワーク分析結果：(c) シェーンベルク 6 つの小さなピアノ曲 Op. 19 より	59
図 3-6 超越論的レイヤフレームワークを使って読み解く哲学概念の例	63
図 4-1 インターネットソサイエティ (ISOC) とその下部組織.....	65
図 4-2 インターネットの基本アーキテクチャモデル	72
図 4-3 IPv4 経路数と IPv6 経路数 (http://bgp.potaroo.net/v6/as6447/ を基に作成) ..	77
図 4-4 IPv4 サイトと、IPv6 enabled サイトの割合 (y: log plot)	77
図 4-5 DNS 問い合わせの、IPv4 vs IPv6 の比率 (2009, 2010)	78
図 4-6 倫理1「徹底した民主主義」を根源的要因とした Causal Loop 図	80
図 4-7 倫理2「実証とプラグマティズム」を根源的要因とした Causal Loop 図.....	82
図 4-8 「不確定性への対処」を根源的要因とした Causal Loop 図	83
図 4-9 「コンヴァージェンスレイヤとしての」IP を根源的要因とした Causal Loop 図.....	84
図 4-10 「“End-to-End 原則” と “Middlebox 許容” というダブルバインド」を根源 的要因とした Causal Loop 図	85
図 4-11 「アーキテクチャ原則は絶対ではない」を根源的要因とした Causal Loop 図	87
図 4-12 4 Octets AS 番号と IPv6-ステークホルダーの違い	89
図 4-13 インターネットにおける「倫理」原則と「アーキテクチャ」原則の関係..	91

表 1-1	Systems of Systems の特徴、(M. W. Maier, 1998)を基に作成	20
表 1-2	Systems of Systems の分類 (DoD, 2008)を基に作成	20
表 1-3	本研究の目的	28
表 1-4	本研究の位置づけ	28
表 2-1	「現象論的レイヤフレームワーク」チェックリスト参考例	34
表 2-2	ネットワーク分析の主要な指標 (増田直紀 & 今野紀雄, 2010), (Watts, 2003)を基に作成	39
表 2-3	代表的ネットワーク構造とその特徴 (増田直紀 & 今野紀雄, 2010), (Watts, 2003)を基に作成	39
表 2-4	アーキテクティングの 4 つの方法 (M. Maier & Rechtin, 2000)を参考に作成)	44
表 3-1	IETF Mailing List で行われた poll の一覧 (2009 年中盤から 2010 年後半)..	51
表 3-2	分析対象とした楽曲	55
表 3-3	楽曲のネットワーク分析結果.....	56
表 4-1	4 Octets ASN と IPv6 に関する、展開・移行上の特徴	90

[参考文献]

- (USC), U. o. S. C. (1998). USC Memorial Tribute for Jonathan B. Postel. from <http://www.usc.edu/webcast/archive/events/postel/>
- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1977). *A pattern language : towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press.
- Ashby, W. R. (1958). Requisite variety and its implications for the control of complex systems. *Cybernetica*, 1(2), 83-99.
- Barabasi, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512.
- Beiter, K. (2010). ME317 Course Content -Content and Methods-. from http://me317.stanford.edu/wiki/bin/view/Main/ME317CourseContent#Value_Graph
- Blumenthal, & Clark, D. D. (2001). Rethinking the design of the Internet: The end to end arguments vs. the brave new world. *ACM Transactions on Internet Technology*, 1(1), 70-109.
- Buede, D. M. (2009). *The engineering design of systems : models and methods* (2nd ed.). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- C.L.ハル. (1960). *行動の原理*. 誠信書房.
- Checkland, P. (1990). *Soft Systems Methodology in Action*: John Wiley & Sons, Ltd.
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma : when new technologies cause great firms to fail*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Clark, D. (1992). *A cloudy crystall ball -- visions of the future*. Paper presented at the Internet Engineering Task Force Meeting, Boston, MA.
- Crandall, D. (2010). *Network of photos, landmarks, and people*.
- DeMarco, T. (1979). *Structured Analysis and System Specification*: Prentice Hall
- DoD (Ed.). (2008). *Systems Engineering Guideline for Systems of Systems* (Vol. 1.0).
- Donaldson, K. M., Ishii, K., & Sheppard, S. D. (2004). *CUSTOMER VALUE CHAIN ANALYSIS* Paper presented at the DETC'04 Salt Lake City, Utah, USA.
- Dori. (2002). *Object-Process Methodology - A Holistic Systems Paradigm*: Springer.
- Forsberg, K., Mooz, H., & Cotterman, H. (2005). *Visualizing project management : models and frameworks for mastering complex systems* (3rd ed.). Hoboken, N.J.: J. Wiley.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems : an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Howard, J. A., & Sheth, J. N. (1969). *The theory of buyer behavior*. New York.: Wiley.
- Humphrey, A. S. (2004). SWOT analysis. from <http://www.businessballs.com/swotanalysisfreemplate.htm>
- IEEE. (1998). IEEE Standard for Functional Modeling Language—Syntax and Semantics for IDEF0.
- IETF. (1998). RFC2418, *IETF Working Group Guidelines and Procedures*: IETF.
- ISO10747. (1993). Protocol for Exchange of Inter-Domain Routeing Information among Intermediate Systems to support Forwarding of ISO 8473 PDUs: ISO/IEC JTC.
- Janis, I. L. (1972). *Victims of groupthink: a psychological study of foreign-policy decisions and fiascoes*. Boston.: Houghton.
- Kübler-Ross, E. (1969). *On death and dying*. New York: Macmillan.
- Kepner, C. H., & Tregoe, B. B. (1965). *The rational manager: a systematic approach to problem solving and decision making*. New York.: McGraw-Hill.
- Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, A(115), 700-721.
- Klement, K. C. (2005). Russel's Paradox. *Internet Encyclopedia of Philosophy (IEP)*, from <http://www.iep.utm.edu/par-russ/>
- Maier, M., & Rechtin, E. (2000). *The art of systems architecting* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.

- Maier, M. W. (1998). Architecting Principles for System of Systems. *Systems Engineering*, 1(4), 267-284.
- Management Concepts (Firm). (2006). *Defense acquisition guidebook*. Vienna, VA: Management Concepts.
- Matsuoka, Y., & Hosoi, A. (2002). Inverse Reasoning System Deriving Design Solution From Image Target. *Japanese Society for the Science of Design*, 48(6).
- Mell, P., & Grance, T. (2010). *The NIST Definition of Cloud Computing*: NIST.
- Meseguer, J. (1990). Petri nets are monoids. *information and computation*, 88, 105-155.
- Perk, M. (2006). Chaos promotes cooperation in the spatial prisoner's dilemma game. *EUROPHYSICS LETTER*, 75(6), 841-846.
- RFC748. (1978). TELNET RANDOMLY-LOSE Option: IETF.
- RFC1087. (1989). Ethics and the Internet: IETF.
- RFC1087. (2006). The Tao of IETF: A Novice's Guide to the Internet Engineering Task Force: IETF.
- RFC1121. (1989). Act One - The Poems: IETF.
- RFC1149. (1990). A Standard for the Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers: IETF.
- RFC1287. (1991). Towards the Future Internet Architecture.
- RFC1462. (1993). FYI on "What is the Internet?": IETF.
- RFC1629. (1994). Guidelines for OSI NSAP Allocation in the Internet: IETF.
- RFC1817. (1995). Classless Inter-Domain Routing (CIDR) and Classful Routing: IETF.
- RFC1855. (1995). Netiquette Guidelines: IETF.
- RFC1883. (1995). Internet Protocol Version 6 Specification: IETF.
- RFC1884. (1995). IPv6 Addressing Architecture: IETF.
- RFC1918. (1996). Address Allocation for Private Internets: IETF.
- RFC1925. (1996). The Twelve Networking Truths: IETF.
- RFC1958. (1996). Architectural Principles of the Internet: IETF.
- RFC2026. (1996). The Internet Standards Process -- Revision 3: IETF.
- RFC2101. (1997). IPv4 Address Behaviour Today: IETF.
- RFC2555. (1999) 30 Years of RFCs. IETF.
- RFC2775. (2000). Internet Transparency: IETF.
- RFC3234. (2002). Middleboxes: Taxonomy and Issues: IETF.
- RFC3271. (2002). The Internet is for Everyone: IETF.
- RFC3439. (2002). Some Internet Architectural Guidelines and Philosophy: IETF.
- RFC4893. (2007). BGP Support for Four-octet AS Number Space: IETF.
- RFC5218. (2008). What Makes for a Successful Protocol? : IETF.
- RFC5540. (2009). 40 Years of RFCs: IETF.
- Rogers, E. M. (1986). *Communication technology : the new media in society*. New York London: Free Press ; Collier Macmillan.
- Saltzer, J. H., Reed, D. P., & Clark, D. D. (1984). End-to-end Arguments in systems design. *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)* 2(4).
- Santos, F. C., Santos, M. D., & Pacheoco, J. M. (2008). Social Diversity Promotes the emergence of cooperation in public good games. *Nature*, 454, 213-216.
- Schweitzer, F., Behera, L., & Mahlenbein, H. (2002). Evolution Of Cooperation In A Spatial Prisoner's Dilemma. *Advances in Complex Systems*, 5(2), 269-299.
- Sterman, J. (2000). *Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- Sterman, J. D. (1994). Learning In and About Complex Systems.
- Szolnoki, A., Perc, M., Szabo, G., & Stark, H. U. (2009). Impact of aging on the evolution of cooperation in the spatial prisoner's dilemma game. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, 80(2 Pt 1), 021901.
- Walter, W., Piegorsch, A., & Bailer, J. (2005). *Quantitative Risk Assessment with Stimulus-Response Data*.
- Watson, J. B., & Rayner, R. (1920). CONDITIONED EMOTIONAL REACTIONS. *Journal of Experimental Psychology*, 3(1), 1-14.

- Watts, D. J. (2003). *Six degrees : the science of a connected age* (1st ed.). New York: Norton.
- Wittgenstein, L. (1953). Philosophical investigations. from http://www.geocities.jp/mickindex/wittgenstein/witt_pu_jp.html
- Zachman, J. A. (2003). The Zachman Framework: A Primer for Enterprise Engineering and Manufacturing Available from <http://www.zachmaninternational.com>
- アーサー. (2003). 収益増と経路依存—複雑系の経済学 多賀出版.
- アクセルロッド. (1998). つきあい方の科学—バクテリアから国際関係まで (松田裕之, Trans.): ミネルヴァ書房.
- アレグザンダー. (1993). 時を超えた建設の道 鹿島出版会.
- ヴァレラ, & マトゥラーナ. (1997). 知恵の樹—生きている世界はどのようにして生まれるのか 筑摩書房.
- ヴァレラ, ロッシュ, & トンプソン. (2001). 身体化された心—仏教思想からのエナクティブ・アプローチ 工作舎.
- ガーフィンケル. (1987). エスノメソドロジー—社会学的思考の解体 せりか書房.
- カント. (1961). 純粹理性批判 岩波書店.
- クーン. (1971). 科学革命の構造 みすず書房.
- クニール, & ナセヒ. (1995). ルーマン 社会システム理論 [「知」の扉をひらく] 新泉社.
- ゲーデル. (2006). 不完全性定理 岩波書店.
- デリダ, & カプート. (2004). デリダとの対話—脱構築入門 法政大学出版局.
- デリダ, クリッチリー, ローティ, ラクラウ, & ムフ. (2002). 脱構築とプラグマティズム—来たるべき民主主義 法政大学出版局.
- ノイマン, & モルゲンシュテルン. (2009). ゲームの理論と経済行動 (1)・(3): 筑摩書房.
- ノーレットランダーシュ. (2002). ユーザーイリュージョン—意識という幻想 紀伊國屋書店.
- ハイエク. (2009). 致命的な思い上がり (渡, 幹雄, Trans. Vol. 1): 春秋社.
- ピアジェ. (2000). 人間科学序説 岩波書店.
- ベルタランフィ. (1973). 一般システム理論 みすず書房.
- ベンジャミン・リベット. (2005). マインド・タイム 脳と意識の時間 岩波書店.
- ホフマイヤー. (1999). 生命記号論 - 宇宙の意味と表象 (松野孝一郎 & 高原美規, Trans.): 青土社.
- マトゥラーナ, & ヴアレラ. (1991). オートポイエシス 生命システムとは何か (河本英夫, Trans.): 国文社.
- ロジャース. (2007). イノベーションの普及 翔泳社.
- 加藤尚武. (1997). 現代倫理学入門 講談社.
- 宮台真司. (2009). 日本の難点 幻冬舎.
- 京都大学フィールド情報学研究会. (2009). フィールド情報学 「ケースライティング」, from <http://www.ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp/field/chapter6.html>
- 金子邦彦. (1994). カオスによる複雑さと多様性の創発と進化. 電子情報通信学会誌, 77(2), 128-134.
- 熊谷敏. (2004). 複数部門からなるビジネスプロセスのモデリングにおけるロールとレスポンスビリティの分析. 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学, 7(12), 104(282).
- 工藤市兵衛, & 尾藤信. (1983). 価値工学における解釈の論理. 愛知工業大学研究報告. B, 専門関係論文集, 18, 133-137.
- 松岡由幸. (2008). 多空間デザインモデル : デザイン科学の枠組み構築に向けて(デザイン科学の枠組みとその応用). デザイン学研究. 研究発表大会概要集 (55), 23.
- 星野勉, 三島輝夫, & 関根清三 (Eds.). (1997). 倫理思想辞典 山川出版社.
- 清水博. (1996). 生命知としての場の論理 中央公論社.
- 前田泰樹, 水川喜文, & 岡田光弘 (Eds.). (2007). エスノメソドロジー—人びとの実践から学ぶ 新曜社.
- 前野隆司. (2004). 脳はなぜ「心」を作ったのか—「私」の謎を解く受動意識仮説 筑摩書房.
- 前野隆司. (2010). 思考脳力のつくり方 仕事と人生を革新する四つの思考法 角川書店.
- 増田直紀, & 今野紀雄. (2010). 複雑ネットワーク—基礎から応用まで 近代科学社.
- 池上高志. (2007). 動きが生命をつくる—生命と意識の構成論的アプローチ 青土社.

北岡元. (2009). ビジネス・インテリジェンスー未来を予想するシナリオ分析の技法 東洋経済新報社.