

インターネットと社会的共通資本に関する一考察

荒 井 義 則

アブストラクト：

インターネットについて、社会的共通資本の観点から考察する。主として分権的管理と地域性について論じる。さらに分権的な管理について、システム論的な考察を加える。

キーワード：インターネット、社会的共通資本、複雑系、複雑適応系、超システム、オートポイエーシス

1. はじめに

インターネットは世界中で社会的な基盤になっている。この基盤を社会的共通資本の観点から考える。特に、分権的な管理と地域性を中心に論じる。さらに、分権的な管理についてはシステム論的に考察する。

2. 社会的共通資本について

ここでは参考文献「宇沢 1972a,b, 2000（主として 2000）」をもとにして、社会的共通資本を概観する。

社会的共通資本はソースティン・ヴェブレンの制度主義経済学を中心となる概念であるが、宇沢は社会的共通資本を次のように定義している。

社会的共通資本は、一つの国ないし特定の地域に住むすべての人々が、豊かな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会的装置を

意味する。社会的共通資本は、一人一人の人間的尊厳を守り、魂の自律を支え、市民の基本的な権利を最大限に維持するために、不可欠な役割を果たすものである。社会的共通資本は、たとえ私有ないしは私的な管理が認められているような希少資源から構成されていたとしても、社会全体にとって共通の財産として、社会的な基準にしたがって管理・運営される。社会的共通資本はこのように純粋な意味における私的な資本ないしは希少資源と対置されるが、その具体的な構成は先験的あるいは理論的基準にしたがって決められるものではなく、あくまでも、それぞれの国ないし地域の自然的、歴史的、文化的、社会的、経済的、技術的諸要因に依存して、政治的なプロセスを経て決められるものである。

社会的共通資本はいいかえれば、分権的市場経済制度が円滑に機能し、実質的所得分配が安定的となるような制度的諸条件であるといつてよい（宇沢 2000、p.4）。

また、社会的共通資本の管理・運用につい

ては以下のように説明されている。

社会的共通資本は決して国家の統治機構の一部として官僚的に管理されたり、また利潤追求の対象として市場的な条件によって左右されてはならない。社会的共通資本の各部門は、職業的専門家によって、専門的知見にもとづき、職業的規範にしたがって監理・維持されなければならない（宇沢 2000、p.5）。

さらに、次のようにも説明している。

社会的共通資本の管理について、一つ重要な点に触れておく必要がある。社会的共通資本は、それぞれの分野における職業的専門家によって、専門的知見にもとづき、職業的規律にしたがって管理、運営されるものであるということである。社会的共通資本の管理、運営は決して、政府によって規定された基準ないしはルール、あるいは市場的基準にしたがっておこなわれるものではない。この原則は、社会的共通資本の問題を考えると、基本的重要性をもつ。社会的共通資本の管理、運営は、フィデュシアリーの原則にもとづいて、信託されているからである。

社会的共通資本は、そこから生み出されるサービスが市民の基本的権利の充足にさいして、重要な役割を果たすものであって、社会にとってきわめて「大切な」ものである。このように「大切な」資産を預かって、その管理を委ねられるとき、それは、たんなる委託行為を超えて、フィデュシアリーな性格をもつ。社会的共通資本の管理を委ねられた機構は、あくまでも独立で、自立的な立場に立って、専門的知見にもとづき、職業的規律にしたがって行動し、市民に対して直接的に管理責任を負うものでなければならない（宇沢 2000、p.22～23）。

具体的な社会的共通資本については、3つに分類して説明している。

社会的共通資本は、土地、大気、土壌、水、森林、河川、海洋などの自然環境だけでなく、道路、上下水道、公共的な交通機関、電力、通信施設などの社会的インフラストラクチャー、教育、医療、金融、司法、行政などのいわゆる制度資本も含む。

社会的共通資本は全体としてみると、広い意味での環境を意味する。社会的共通資本のネットワークの中で、各経済主体が自由に行動し、生産を営むことになるわけである。市場経済制度のパフォーマンスも、どのような社会的共通資本の編成のもとで機能しているかということによって影響を受ける（宇沢 2000、p.22）。

このような社会的共通資本によってどのような社会ができるのか。これについて、宇沢は「ゆたかな社会」として以下のように述べている。

ゆたかな社会とは、すべての人々が、その先天的、後天的資質と能力とを十分に生かし、それぞれのもっている夢とアスピレーションが最大限に実現できるような仕事にたずさわって、その私的、社会的貢献に相応しい所得を得て、幸福で、安定的な家庭を営み、できるだけ多様な社会的接触をもち、文化的水準の高い一生を送ることができるような社会である。このような社会は、つぎの基本的諸条件をみたしていなければならない。

- (1) 美しい、ゆたかな自然環境が安定的、持続的に維持されている。
- (2) 快適で、清潔な生活を営むことができるような住居と生活的、文化的環境が用意されている。
- (3) すべての子供たちが、それぞれのもっている多様な資質と能力をできるだけ

伸ばし、発展させ、調和のとれた社会的人間として成長しうる学校教育制度が用意されている。

- (4) 疾病、生涯にさいして、その時々における最高水準の医療サービスを受けることができる。
- (5) さまざまな希少資源が、以上の目的を達成するためにもっとも効率的、かつ衡平に配分されるような、経済的、社会的制度が整備されている（宇沢 2000、p.2～3）。

さらに以下のような説明がある。

ゆたかな社会は、くり返ししながら、一言でいってしまえば、各人が、その多様な夢とアスピレーションに相応しい職業につき、それぞれの私的、社会的貢献に相応しい所得を得て、幸福で、安定的な家庭を営み、安らかで、文化的水準の高い一生をおくることができるような社会を意味する。それはまた、すべての人々の人間的尊厳と魂の自立が守られ、市民の基本的権利が最大限に確保できるという、本来の意味でのリベラリズムの理想が実現される社会である。

このような意味でゆたかな社会を実現するための経済体制は、どのような特質をもっているか。また、どのようにすれば具現化できるであろうか。この課題に対する回答として、社会的共通資本を中心とした制度主義の考え方によって理想的な経済体制を特徴づけることができるといってもよい（宇沢 2000、p.3）。

社会的共通資本を中心とした制度主義経済学のもとでの政府の経済的機能については以下のように説明されている。

政府の経済的機能は、さまざまな種類の社会的共通資本の管理、運営がフィデューシ

アリーの原則に忠実におこなわれているかどうかを監理し、それらの間の財政的バランスを保つことができるようにするものである。制度主義経済体制における政府の経済的機能は、統治機構としての国家のそれではなく、すべての国民が、その所得、居住地などの如何にかかわらず、市民の基本的権利を充足することができるようになっていくかどうかを監視するものでなければならない（宇沢 2000、p.23～24）。

以上、社会的共通資本を概観してきたが、以下の議論で必要となる重要な点をまとめておく。

【社会的共通資本のまとめ】

- ①社会的共通資本は、一つの国ないし特定の地域に住むすべての人々が、豊かな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会的装置を意味する。
- ②社会的共通資本は、一人一人の人間的尊厳を守り、魂の自律を支え、市民の基本的な権利を最大限に維持するために、不可欠な役割を果たす。
- ③社会的共通資本は、前提として、国あるいは地域が制度主義経済体制であることが必要である。これは、社会的共通資本が制度主義経済学を中心をなすからである。さらに、国の経済的機能も統治ではなく、社会的共通資本の管理・運営の監理・監視及び財政的バランスの保持となる。
- ④社会的共通資本は自然資本（土地、大気、土壌、水、森林、河川、海洋など）、社会的インフラストラクチャー（道路、上下水道、公共的な交通機関、電力、通信設備など）、制度資本（教育、医療、金融、司法、行政など）の3つである。
- ⑤社会的共通資本の構成は、先験的あるいは

論理的基準にしたがって決められるのではなく、それぞれの国ないし地域の自然的、歴史的、文化的、社会的、経済的、技術的諸要因に依存して、政治的プロセスを経て決められる。

- ⑥社会的共通資本の管理・運営は、政府によって規定された基準やルールあるいは市場の基準にしたがっておこなわれるのではなく、独立で自立的立場に立った職業的専門家によって、専門的知見にもとづき、職業的規範にしたがって管理・運営される。

以後本文中でこのまとめに言及するときは、まとめ①、まとめ②のように記述する。

3. インターネットと社会的共通資本

社会的共通資本は国家あるいは地域の経済システムが制度主義経済システムであることを前提にしているが、あるシステムが社会的共通資本かどうかは、そのシステムだけを考えても調べることは可能である。ここでは、インターネットを社会的共通資本の観点から考察するが、その際、国家あるいは地域の経済体制が制度主義経済かどうかは問わないこととする。

なお、本稿は、インターネットの地域性と分権的管理（維持・運用・発展も含む）について、社会的共通資本の観点から考察する。これ以後、インターネットについては「村井2009、2014、インフォテック・サーブ教育研究会2021」（主として村井2014）を参照した。

3.1 社会的共通資本の定義（まとめ①、②）から見たインターネット

インターネットの出現は、経済を発展させ、文化的にも多大な影響を与えた。日常生活での利便性も高め、それらを持続している。また、インターネットにアクセスすることは基本的な人権であるという報告書を国連が出している。このような報告書が出された

のは、「アラブの春」においてインターネットが大きな役割を果たしたことによって、インターネットの使用を制限する国が出たためである。これはインターネットが基本的な人権の獲得や維持に役立つことを示した一例である。以上を考えれば、インターネットが社会的共通資本の定義（まとめ①、②）を満たす可能性が高い。インターネットが経済、文化、社会、基本的人権の獲得・維持に及ぼした影響を社会的共通資本の観点から考察することは非常に重要であるが、これらの考察は別の機会に譲り、本稿では地域性と分権的管理（維持・運用・発展も含む）に絞って考察する。

3.2 地域性

社会的共通資本は「国家あるいは地域」（まとめ①）を対象としている。いっぽう、インターネットは地球規模のシステムである。インターネットの初期には、インターネットが広まったら、各地の地方文化はなくなる（どの文化も似たようになる）という心配が一部に存在していたが、インターネットが普及した現在（2022年）、そのようなことは起きていない。地球上の社会的な文化がすべて同じになるということは生じていない。このことは、地域により異なったインターネット文化が存在している可能性を示している。この地域ごとの文化圏を定義（まとめ①）における国や地域と考えれば、社会的共通資本の定義に反しない。さらに、まとめ⑤を考えると、おなじ社会的共通資本でも国や地域が異なればその在り方が異なる可能性がある。本稿では、これらの国・地域による差異を（社会的共通資本の）地域性と呼ぶ。以下ではインターネットの地域性の例を考える。

（1）ARPANET

ARPANETはインターネットの源流の一つとして有名なネットワークである。ARPA（米国高等研究計画局）は米国防総省の研

究開発部門で、1969年に開発が始まった。ARPANETはそれまで電話で使われていた回線交換方式ではなく、通信にパケット交換方式を採用した。パケット交換方式では、送信者は送りたいデータをパケットという小さな塊に分けて、ネット上の宛先をつけて、回線にどんどん送り出す。受信者は、受け取ったパケットを元どおりに組み立て読み出す。パケット交換方式は現在のインターネットでも使われている。インターネットを開発したアメリカのインターネットに対する影響力は大きくなった。これがアメリカの地域性の一つである。

(2) JUNET と USENET

インターネットの源流の一つに(インターネットの源流はARPANETひとつだけはない)、電話回線を利用した間欠接続を用いたUUCPというネットワークがある。日本ではこの形態のネットワークはJUNETと呼ばれ、米国ではUSENETと呼ばれた。

USENETでは、メールアドレスとして、経由するホストを「!」で繋ぎ合わせたものを使用していたが、これはUUCPに強く依存した電子メール配送機能に基づく。

いっぽう、日本では4.2BSD UNIX(sendmailを含む)が広く普及しており、sendmailとUUCPを組み合わせて、電子メールシステムが構築され、ドメイン形式「ユーザ名@ドメイン名.JUNET」がサポートされていた。

この例から、電子メールシステムにおいても、技術面で違いがあることがわかる。すなわち技術においても地域性がある。

(3) 活用面での差異

2000年前後になると日本のインターネットは通信品質や回線普及率は世界でもトップレベルとなり、楽天やヤフージャパンが業績を伸ばしていた。ただし、世界(米国など)は経済、行政、金融などがインターネットの活用により激変しているのに、日本は変わっ

ていなかった。紙とはんこの文化が障害となっていた。そのため、政府は、IT基本法を制定し、E-ジャパン構想を提唱した。このころの日本は、インターネットの活用という面では他国(米国)に遅れを取り、これが日本の地域性となっていた。

現在(2022)はどうだろうか。コロナウイルスが猛威を振るうパンデミック下で日本の活用面での遅れが指摘された。ただし、教育面ではインターネットを用いた教育が普及し、企業においてもインターネットを用いた在宅勤務や会議が広まり、政府においてはデジタル庁が発足したので、今後は活用面においても世界トップレベルになることが期待できる。

(4) ブローバンドインターネットの普及

日本のブローバンドインターネットは、ADSL(アナログ回線である電話線にデジタルデータの信号をのせる)によって普及していたが、米国ではケーブルテレビ(ケーブルテレビのケーブルにデータの信号をのせる)によって普及した。同じブローバンドインターネットでも、日米で普及の仕方がなっている。これも地域性の現れである。

以上、インターネットの地域性の例の一部を見てきたが、これは社会的共通資本の性質に一致する。

3.3 分権的管理(維持・運用・発展も含む)

インターネットの管理は、政府などが中央集権的に全体を管理しているわけではなく、分権的な管理がおこなわれている。全体を一元的に管理する管理者は存在しない。これはまとめ⑥と一致している(国などによる管理でなく、専門家による管理)

以下ではインターネットの管理(分権的管理)の例を考える。

(1) 標準化

インターネットの標準化はIETFという組

織でおこなわれている。IETF は民間の非営利団体で、国や組織の代表者として参加するのではなく、個人の資格で参加する。だれでも参加が可能である。この仕様は文書化され、RFC と呼ばれている。RFC はインターネット上で無料配布されている。

標準化は分権的ではないが、まとめ⑥と整合性を持っている。

(2) IP アドレス

IP アドレスは地域ごとに分かれた管理組織からプロバイダーに割り当てられる。すなわち分散管理されている。

日本 の 場 合 は、JPNIC が行っている。1993 年、APN（アジア・環太平洋地域）から委譲を受けて運用を開始した。

(3) ルートネームサーバの分散

1996 年の時点で、ルートネームサーバは米国内に 10 ヶ所配置されていた。その時点のルートネームサーバの最大数は 13 ヶ所であった。日本では「M」サーバ、オランダでは「K」サーバが運用されるようになった。その後、インターネットが多くの国で普及すると、自国でルートネームサーバを運用したいという要望がだされ、エニーキャストによって A～M のミラーサーバが世界中に多数配置された。ミラーサーバとは、インターネット上にあるサーバと同内容の複製サーバのことである。ミラーサーバも分権的な管理の対象となっている。

(4) インターネットサービスプロバイダ

インターネットサービスプロバイダの役割は二つある。ひとつめはインターネット接続サービスの提供であり、二つ目は送信に必要な回線を利用者に代わりに借りていることである。インターネットサービスプロバイダはインターネットの分権的管理に寄与している。

(5) 自立・分散・強調

インターネットの根底には、自立・分散・強調という概念が存在している。これは技術的な仕組みだけでなく、社会的な仕組みにも当てはまる。

(6) 国による統制

社会的共通資本もインターネットコミュニティも国からの統制を望まない点では一致している。しかしながら、インターネットへの国による統制が存在している。分権的な管理者の中に国や地域が入ることも場合によってはありうるが、統制は論外である。

米国では、9・11 のテロ後、パトリオット法（米国愛国者）が成立した。この法律により、当局による通信の傍受・遮断が可能となった。さらに、インターネットへのアクセスをできないようにしている国も存在する。このような統制はインターネットコミュニティが最も嫌うものである。インターネットに関連した犯罪が存在するのは事実であるから、それに対処する法律を成立させるのは認めざるを得ないが、それがインターネットの統制になってしまうことは避けるべきである。

以上、インターネットの分権的管理の例の一部を見てきたが、管理・運営においては社会的共通資本と同じような面が見られた。

3.1、3.2 により、地域性、管理・運用においてインターネットは社会的共通資本と同じ性格を持っていることが理解できた。

4. インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）に対するシステム論的考察

インターネットは全体を管理する管理者が存在しないので、全体像が捉えにくい。ここでは、全インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムを一つのシステムと捉えて、システム論的な観点から考察し、全体像を把握するための第一歩とする。以下

では、インターネットの分権的管理システムが複雑系、複雑適応系、超システム、オートポイエシスという4つのシステムとみなせることを示す。なお、各システムにおいては、それにかかわる人間もシステムの一要素と考える。インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）にかかわる多数の人間が要素として含まれる。

5. インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムと複雑系

5.1 複雑系

複雑系はいろいろな分野で研究されているが、複雑系についての統一的な見解は今のところ存在しない。ここでは牧野の考え方を概観する。

牧野は、プリゴジンの「散逸構造」、ハーケンの「シナジェティクス」、津田の「カオス結合系」を比較して、これらに共通するものとして、複雑系について以下のような定義をしている。

複雑系とは「外力によって、平衡からかなり離れた状態におかれたとき、要素の変化から新しい秩序をつくりながら、自らを活性化し続ける非線形システム」である。そして、複雑系の本質は、「多様で革新的で協調性の高い発展が続く」ことにある（牧野、1997）。

そして、複雑系の基本要素として次の3つを挙げている。

- ①状態：（外力による）非平衡状況
- ②特性：非線形
- ③機構：自己組織化

また、数量化できない場合の非線形性については次のように定めている。

線形性を広く、「入力と出力のあいだにおける一義的な決定性やある種の比例性」

と解釈し、非線形を「入力と出力のあいだにおける上述の線形性を持たない、柔軟で多義的な反応」と解釈しても大きな誤りをおかさないであろう。

本稿では、牧野の考え方を参考にして、複雑系を以下の①～③の性質を持つようなシステムと定義する。

- ①各要素がばらばらでなく、要素間に相互作用が存在している。
- ②非線形性を有する。
- ③外力あるいは環境の変化によって、非平衡状態におかれたとき、自己組織的に新しい平衡状態をつくる。

非線形性については牧野の定義を用いる

5.2 複雑系としての分権的管理（維持・運用・発展も含む）システム

日本では、IPアドレスはJPNICが管理し、インターネットプロバイダーに割り当てる。インターネットプロバイダーは、これをもとに、接続サービスを行なっている。インターネットプロバイダーどうしも連絡を取りあうことがあるので、直接につながっている。標準化を行なっているIETFとはどうだろうか。IETFは民間の非営利団体で、個人の資格で誰でも参加できるオープンな団体である。ここで作成された仕様の文書RFCはインターネット上で公開され誰でも入手できる。標準化の情報はJPNICにとってもインターネットプロバイダーにとっても非常に重要な情報であり、当然のことながら、早めに入手する。すなわち、情報によるつながりが存在する。インターネットの管理は自立的・分権的であるが、各要素はインターネットの管理（維持・運用・発展も含む）という考えでつながっている。管理がつながっておらず、完全にばらばらであれば、インターネットは存在できない。すなわち、各要素間に相互作用があると考えられる。

非線形については、インターネットで送受

信するデータ量と料金について考える。送受信されるデータと利用者にかかわる料金は重要な項目であるから、この部分で非線形性を考えるのは妥当である。

通信サービスの利用料金には、3つの課金方式がある。

- ①従量制：通信時間やデータ量に課金する。
- ②定額制：一定の料金（月額固定など）を最初に設定する。
- ③半従量制：一定利用までは基本料金、それ以降の利用は従量制。

①は線形の関係であるが、②、③は非線形の関係（データ量と料金が比例しない）である。インターネットでは、②定額制が多いので、非線形は存在する。

インターネットはこれまでに犯罪（インターネット関連の犯罪やセキュリティにかかわること）や国家の規制（法律による規制や遮断）という外力を受けたが、これらを乗り越え、現在（2022）まで存続している。これは自己組織的化により新しい平衡状態に移ったと考えてよい。例えば、1988年に起きたモリスワーム事件（米国の大学生が作成したプログラムがインターネットを伝わって、UNIXシステムに次々と侵入し、増殖していった結果、数千台のシステムがサービス不全に陥った事件）とその結果として設立されたCERT/CC（コンピューター緊急対応センター）はこの1例である。この事件はインターネットにおけるセキュリティの必要性を人々に気づかせ、CERT/CCが米国に設立された。CERT/CCはインターネットセキュリティを扱う研究開発センターで、インターネットで発生するセキュリティ問題の解決を支援する組織である。1996年にJPCERT/CCとして日本事務所が開設された。

以上の考察により、インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムが複雑系であることが示された。

6. インターネットの管理（維持・運用・発展も含む）システムと複雑適応系

6.1 複雑適応系

複雑な系について、その系の複雑さそのものを問題にするのが「複雑系」であり、情報処理の仕組みに着目してその系を考察するのが「複雑適応系」である。ここでは「複雑適応系」について考える。

ジョン・ホランドは複雑適応系について以下のような定義を与えている（John H. Holland, 1992b）。

複雑適応系とは多数の「適応的エージェント」からなるシステムであり、以下に述べる4つの属性と3つのメカニズムを持つシステムである。4つの属性とは、

- 1. 集合的特性
- 2. 非線形性
- 3. 流れ
- 4. 多様性

であり、3つのメカニズムとは、

- 1. 標識化
- 2. 内部モデル
- 3. 積木

である。

「集合的特性」とは、システムを構成する多数の適応的エージェントが関与しあうことによって生じる集合の特性である。また、「流れ」とはエージェント間の情報の流れであり、「標識化」とは集合体の形成を促進する一種の標識である。「多様性」とは多種多様な適応的エージェントが存在しているという適応的エージェントに関する多様性である。「内部モデル」とはマレー・ゲルマンの複雑適応系における「スキーマ」にあたるもので、これにより複雑適応系はさまざまな変化にも適応し、一貫性を保持している。「積木」はさまざまな行動を起こすときに使用頻度の高い行動を構成要素として保存しておき、それを積木のように組み立てて使用することができるようにしたものである。

6.2 複雑適応系としての管理（維持・運用・発展も含む）システム

「集合的特性」は「インターネットの維持・管理・運用・発展」である。「非線形性」については「複雑系」のところですでに示している。「流れ」は情報の流れであるが、当然存在している。「多様性」については「分権的管理」を考えれば明らかである。「標識化」については具体的なものは存在しないが、「インターネット」という言葉自身が標識の役目を果たしている。「内部モデル」は標準化の仕様書 RFC や重要な論文・書籍と考えられるが、インターネットの発展とともに変化していく。「積木」については成功した取り組みをもとにして積木となるものが作られていく。例えば、4.2BSD UNIX に TCP/IP や TCP/IP を用いる電子メール配送用ソフト sendmail を組み込んだり、sendmail と UUCP を組み合わせて電子メールシステムを作るのも「積木」と考えられる。

以上より、インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムは複雑適応系であることが示された。

7. インターネットの管理（維持・運用・発展も含む）システムと超システム

「超システム」は免疫系をモデルとしたシステムである。

7.1 免疫系

ここでは免疫系について概観する（多田富雄 1993）。

免疫には自然免疫、液性免疫、細胞性免疫があるが、超システムの原型は液性免疫と細胞性免疫である。

免疫にかかわる細胞は幹細胞から分化し、以下のようなさまざまな細胞となる。

- ①好中球
- ②好酸球

③好塩基球

これらの細胞は白血球のうち顆粒球に属する細胞で、好中球、好塩基球は炎症部位に遊走し、好酸球は寄生虫に対処する。

④単球・マクロファージ

⑤B細胞

⑥T細胞

⑦NK細胞

これらの細胞は白血球のうち顆粒球に属する細胞である。単球は血液中から組織の中に入りマクロファージへと分化する。マクロファージは侵入者（細菌など）を細胞内に取り込み処理する。B細胞は抗体を生産する。T細胞はさらに

⑧ヘルパーT細胞

⑨キラーT細胞

⑩制御性T細胞

に分かれる。ヘルパーT細胞はB細胞の抗体生産を助け、キラーT細胞は病原体に感染した細胞を処理する。制御性T細胞は免疫応答を抑制する。NK細胞は抗体を介した反応には加わらず、癌細胞やウイルス感染で変形した細胞を学習することなしに処理する。

抗体は自然界にあるほとんどすべての物質に対応する。抗体の構造は可変部と定常部でできており、可変部は個体間でほとんどの場合異なっており、交代の多様性を生み出している。これは可変部をコードする遺伝子（複数あり）が移動して定常部の遺伝子に（J遺伝子を介して）つながることによる多様性である。

液性免疫では抗体が生産される。その過程は以下のとおりである。

- ①B細胞にあるB細胞抗原受容体が抗原を察知し細胞内に取り込む。
- ②抗原を小さなペプチドに分解する。
- ③主要組織適合遺伝子複合体クラスII分子とペプチドが結合する。
- ④③の結合体がB細胞の表面に提示される（抗原提示）。

- ⑤ヘルパー T 細胞の T 細胞抗原受容体が B 細胞表面の結合体を認識。
- ⑥ T 細胞にシグナルが伝達され、活性化される。
- ⑦活性化された T 細胞がサイトカインを分泌する。
- ⑧ B 細胞の受容体がサイトカインを認識し結合する。
- ⑨ B 細胞内に刺激が伝わり活性化し、抗体を生産する形質細胞へと分化する。
- ⑩形質細胞が抗体を生産する。

これらの T - B 相互作用により、クラス・スイッチが生じ、さらに突然変異が生じてより親和性の高い抗体が生産される（抗体の成熟）。なお、一部の B 細胞は記憶 B 細胞として残り、二度目の感染時にはすばやく対応し、突然変異を生じてより高い親和性を持つ抗体を生産する。

細胞性免疫は抗体によらない免疫でマクロファージとキラー T 細胞が活躍する。マクロファージによる細胞性免疫は以下のとおりである。

- ①マクロファージが侵入者（細菌・ウイルスなど）を体内に取り込む。ただし、活性化されてないマクロファージの殺菌力は弱い。
- ②主要組織適合遺伝子複合体クラス II 分子のよる抗原提示（マクロファージも抗原提示能力がある）。
- ③抗原提示によりヘルパー T 細胞が活性化され、サイトカインが分泌される。
- ④サイトカインによりマクロファージが活性化され、細胞内に取り込んだ侵入者を処理する。

また、キラー T 細胞による細胞性免疫は以下のとおりである。

- ①感染細胞内でウイルスの遺伝子にコード化されたたんぱく質を生産する。
- ②たんぱく質の一部は分断され、小さなペプチドとなる。
- ③ペプチドは主要組織適合遺伝子複合体ク

ラス I 分子と結合し、細胞表面に発現する。

- ④キラー T 細胞の T 細胞受容体が③の結合体を認識し、活性化する。
- ⑤活性化したキラー T 細胞が感染した細胞を処理する。

今まで見てきたように、免疫系はさまざまな細胞が協力して機能を發揮している。

7.2 超システムとしての免疫系

多田はこの免疫系をもとに超システムを提唱した（多田、1993）。超システムの特徴は以下のとおりである。

1) 自己生成

免疫細胞は「何ものでもない単一の細胞」である「幹細胞」からサイトカインなどにより

- ①好中球
- ②好酸球
- ③好塩基球
- ④マクロファージ
- ⑤ B 細胞
- ⑥ T 細胞
- ⑦ NK 細胞

などの細胞に分化する。このようにして免疫細胞が形成されるが、多田はこのような過程を「自己生成」と名づけた。

2) 自己多様化

1) の生成過程は、自己が多様な細胞を作り出しており、このような過程を「自己多様化」と名づけた。

3) 自己組織化

幹細胞から生じた多様な免疫細胞はばらばらではなく、異なったサイトカインを用いて交信し、全体として免疫システムを形成してゆく。このような過程を「自己組織化」と名づけた。

4) 自己適応

もともと T 細胞は分化しておらず、胸腺で教育を受け、ヘルパー T 細胞、キラー T 細胞、制御性 T 細胞などに分化する。この中で自分自身に免疫応答を生じる細胞は処理される。このように自己を攻撃するような免疫細胞は排除される。このような過程を「自己適応」と名づけた。

5) 閉鎖性と開放性

免疫系はすでに述べたような細胞の連携のみで成立しており、その意味では閉じた体系である（閉鎖性）。また、免疫系は常に外界に開かれており、外部からの情報を受け取り、その刺激に応じて自己を変更して行く（開放性）。このような性質を「閉鎖性と開放性」と名づけた。

6) 自己言及

免疫系は外部からの情報（抗原）をもとに、より親和性の高い抗体を作り出すようなシステムを、それまでのシステムを破壊することなく作り出している。このように、外部からの情報をもとに自己の内部を自己で改革してゆくには、それまで存在していた自己に照合しながら、大幅な変更のないように実行するのが原則である。これを「自己言及」と名づけた。

7) 自己決定

個体がどのような病気にかかるかなどは全て決定されているわけではなく、個体自身が状況に応じて自己決定してゆく。これを「自己言及」と名づけた。

超システムは以上のような様式を備えたシステムとして定義されるが、多田は単に免疫系だけでなく、生命の存在様式として超システムをとらえている。さらに、言語、都市、経済活動、国家、民族なども超システムであると主張している。また、人間の文化活動も

超システムととらえることができることも述べている。

7.3 超システムとしての管理（維持・運用・発展も含む）システム

ここではインターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムが超システムであることを示す。

1) 自己生成

ARPANET、JUNET などから現在（2022）のインターネットに発展してきたことを考えれば、自己生成は明らかである。

2) 自己多様化

1) のはインターネットが多様化していく過程である。すなわち「自己多様化」の過程である。

3) 自己組織化

インターネットの分権的管理システムは、全体としてインターネットの管理・維持・運用・発展を支えている。すなわち自己組織化されている。

4) 自己適応

インターネットでは、提案された仕様文書は、多くのエンジニアによって評価され、磨きをかけられる。また、複数の開発者が、仕様文章を見て実際に作り、それぞれの作ったものが相互に連携することが示されて、はじめて標準仕様となる。この過程は自己適応の過程である。なお、参加するエンジニアや開発者も分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムに含まれると考える。

5) 閉鎖性と開放性

インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムは、国からの統制などを嫌い、システム内の要素の連携のみでできている。その意味では閉じている。また、外

部からの情報、資金などは必要であるから、取り入れるので、その意味では開いている。すなわち、閉鎖性と開放性を有している。

6) 自己言及

モリスワーム事件（外力）の後、CERT/CC が設置されてが、CERT/CC が設置された後も、インターネット本来の機能は変化していない。この過程は「自己言及」と考えられる。

7) 自己決定

インターネットをどのように管理・維持・運用・発展させるかは、国や国連ではなく、分権的管理（維持・運用・発展も含む）システム自身（システムに属する広範囲な人間）である。これは自己決定である。

以上より、インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムは超システムであることが示された。

8. インターネットの管理（維持・運用・発展も含む）システムとオートポイエーシス

8.1 オートポイエーシス

ここでは、オートポイエーシスについて考察する。

オートポイエーシスは生命システムを規定する試みとして H.R. マトゥラーナと F.J. ヴアレラによって導入された概念である（H.R. マトゥラーナ、F.J. ヴアレラ、1991）。その定義は

オートポイエティック・マシンとは、構成素が構成素を産出するという産出過程のネットワークとして、有機的に構成された機械である。このとき構成素は、次のような特徴を持つ。（i）変換と相互作用を通じて、自己を産出するプロセスのネットワークを、絶えず再生産し実現する。（ii）ネットワークを

空間に具体的な単位として構成し、またその空間内において構成素は、ネットワークが実現する位相的領域を特定することによって自らが存在する。

ルーマンの定義は

オートポイエーシス・システムとは、その構成のみならず、システムがそれからなる構成素をも、まさにこの構成素自身のネットワークにおいて産出するシステムである（Niklas Luhmann, 1997, p65）

であり、河本の定義は

オートポイエーシス・システムとは、反復的に要素を産出するという産出（変形および破壊）過程のネットワークとして、有機的に構成（単体として規定）されたシステムである。（i）反復的に産出された要素が変換と相互作用を通じて、要素そのものを産出するプロセス（関係）のネットワークをさらに作動させたとき、この要素をシステムの構成素という。構成素はシステムをさらに作動させることによって、システムの構成素であり、システムの作動をつうじてシステムの要素の範囲が定まる。（ii）構成素の系列が、産出的作動と構成素間の運動や物性をつうじて閉域をなしたとき、そのことによってネットワーク（システム）は具体的単位体となり、固有領域を形成し位相化する。このときに連続的に形成される閉域（Selbst）によって張り出された空間が、システムの位相空間であり、システムにとっての空間である。

である（河本 1995）。山下はこれらの定義を比較検討し、以下のようにオートポイエーシス・システムを定義している（山下、2010）。

オートポイエーシス・システムとは、産出物による作動基礎づけ関係によって連鎖する産出プロセスのネットワーク状連鎖の自己完結的な閉域である。閉域形成に関与する産出物を構成素と呼ぶ。

その後、F.J. ヴアレラはあるシステムがオートポイエーシス・システムであるための基準として以下の3つの基準をあげている(Varela F.J.,2000)。

- ①システムは半透性の境界を持つ。
- ②その境界はシステム内部において生成される。
- ③境界がシステムの構成物を再生産するための反応を内部に包含する。

以上見てきたとおり、各定義には微妙な差が存在するが、これらの定義を参照して本稿ではオートポイエーシス・システムの定義を以下のように考える。

- ①システムの境界はシステム自身が生成する。
- ②境界内にはシステムを再生産（破壊・変形も含む）する働きを含んでいる。
- ③システムを再生産する働きに関しては閉じている。

8.2 オートポイエーシス・システムとしての管理（維持・運用・発展も含む）システム

インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムには境界は存在しているし、システム自身が生成している。（本稿のオートポイエーシス・システムの定義の中の①）。ARPANET、JUNET などから現在（2022）のインターネットに発展してきたことを考えれば、再生産（発展）は明らかである。（本稿のオートポイエーシス・システムの定義の中の②）。またこれらの再生産はシステム自身が行なっている。（本稿のオート

ポイエーシス・システムの定義の中の③）。

以上より、インターネットの分権的管理（維持・運用・発展も含む）システムはオートポイエーシス・システムであることが示された。

9. おわりに

本稿では、インターネットが社会的共通資本となっているかを主として地域性と管理の面から考察し、その後分権的管理システムをシステム論的に考察した。インターネット、社会的共通資本、システム論はそれぞれ豊富な内容を有しているので、本稿の考察はその第一歩に過ぎない。今後もインターネットと社会的共通資本の関係の考察、分権的管理システムのシステム論的解析を続けていきたい。

参考文献

- 宇沢弘文（1972a）「社会的共通資本の理論的分析（1）」『東京大学経済学部経済学論集』第38巻第1号、p.2。
- 宇沢弘文（1972b）「社会的共通資本の理論的分析（2）」『東京大学経済学部経済学論集』第38巻第3号、p.2。
- 宇沢弘文（2000）『社会的共通資本』岩波書店（岩波新書）。
- 村井純（2014）『インターネットの基礎』角川書店（角川インターネット講座01）
- 村井純（監修）WIDEプロジェクト（編著）（2009）『日本でインターネットはどのように創られたか？ WIDEプロジェクト20年の挑戦の記録』インプレスR&D。
- インフォテック・サーブ教育研究会（2021）『ITワールド』インフォテック・サーブ。
- 井庭崇、福原義久（1998）『複雑系入門』NTT出版。

- John H.Holland (著) 嘉数侑昇 (監訳)
(1992a) 『遺伝アルゴリズムの理論』
森北出版。
- John H.Holland (1992b) Hidden Order,
Addison-Wesley.
- 穂積信道 (2009) 『Shall We 免疫学』講談社。
- 牧野丹奈子 (1997) 「複雑系としての自律
分散型組織」『桃山学院大学掲載経営
論集第 39 巻第 1 号』 63 頁。
- H.R. マトゥラーナ、F.J. ヴァレラ (著) 河
本英夫 (訳) (1991) 『オートポイエー
シス』 国文社。
- 河本英夫 (1995) 『オートポイエーシス—
第三世代システム』 青土社。
- 河本英夫 (2000) 『オートポイエーシス
2001』 新曜社。
- 河本英夫 (2002) 『メタモルフォーゼオー
トポイエーシスの核心』 青土社。
- 河本英夫 (2006) 『システム現象学オート
ポイエーシスの第四領域』 新曜社。
- Niklas Luhmann (1997) Die Gesellschaft
der Gesellschaft, Frankfurt am Main.
- Peter Wood (著) 山本一夫 (訳) (2010) 『免
疫学』 東京化学同人。
- 多田富雄 (1993) 『免疫の意味論』 青土社。
- 多田富雄 (1997) 『生命の意味論』 青土社。
- 多田富雄 (2001) 『免疫・「自己」と「非自
己」の科学』 日本放送出版協会。
- Varela F.J (2000) El Fenomeno de la
Vita. Dolmen Ensayo.
- 山下和也 (2004) 『オートポイエーシスの
世界』 近代文芸社。
- 山下和也 (2005) オートポイエーシスの倫
理』 近代文芸社。
- 山下和也 (2007) オートポイエーシスの教
育』 近代文芸社。
- 山下和也 (2010) オートポイエーシス入門』
ミネルヴァ書房。