

# 新世代ネットワークと 経営情報システムに関する一考察

荒 井 義 則

## アブストラクト

本稿では、新世代ネットワークの必要性を指摘し、その全体像を把握した。次に、新世代ネットワーク上の経営情報システムを考察し、新世代ネットワークと経営情報システムがオートポイエシス・システムであることを示した。さらに、新世代ネットワークに経営情報システムを接続したシステムが構造的カップリングであることも示した。

**キーワード：**インターネット、新世代ネットワーク、経営情報システム、自己組織化、オートポイエシス

## 1. はじめに

現代は情報ネットワーク社会であり、その中心はインターネットである。インターネットはさまざまな分野で利用されており、日常生活や企業活動などにおいて必須の道具となっているが、セキュリティや通信品質の面で、固定電話網が果たしたようなユニバーサルサービスを担うネットワークとはなれず、また、現在のようなネットワーク社会を念頭に置いて設計されたわけではないので、今後さらに発展してゆく情報ネットワーク社会の基盤となるには問題点が多すぎる。

老朽化した固定電話網を IP を利用したネットワークで置き換えた「次世代ネットワーク」(Next Generation Network、以下 NGN と略す)はすでに一部の地域において提供されており、次世代を担うネットワークとして期待されているが、後述するようにいくつかの問題点が指摘されており、また野村総合研究所が実施した企業アンケート<sup>1)</sup>においても、「重要度が低いあるいは最も低い IT」の第10位にランクされていて、注目度はそれほど高くない。NGN は次世代のネット

ワークとして発展する可能性は十分有しているが、現時点では次世代のネットワークの中心とされるかどうかは不明である。

本稿で考察する「新世代ネットワーク」(New Generation Network、以下 NWGN と略す)は社会のネットワークへの要求を考えて、現在の技術にとらわれず、白紙の状態から設計するネットワークである。ここではNWGNの代表的なネットワークである「AKARI プロジェクト」を対象として、その特性を考察する。さらに、このネットワーク上の経営情報システムを考え、どのようなシステムとなるかを検討する。

## 2. インターネットの成功と破綻

### (1) インターネットの利用

「平成21年度通信利用動向調査」によると、平成21年末においてインターネット利用者（日本国内）は9,408万人に達し、平成20年末に比べて317万人増加している<sup>2)</sup>。企業のインターネット利用率は99.5%であり、500人以上の企業では100%、500人未満の企業では99.2%となっている<sup>3)</sup>。

また、個人についてのパソコンからのインターネットの利用目的は（調査人数は1,0243人、複数回答）

- 1) 企業・政府等のホームページ・ブログの閲覧 (55.8%)
- 2) 商品・サービスの購入・取引（金融取引を除く）(46.9%)
- 3) 電子メールの受発信（メールマガジンは除く）(46.4%)
- 4) 個人のホームページ・ブログの閲覧 (42.5%)
- 5) 地図情報提供サービス（有料・無料を問わない）(34.7%)
- 6) デジタルコンテンツ（音楽・音声、映像、ゲームソフト等）の入手・聴取 (25.3%)
- 7) 動画投稿サイトの利用 (23.4%)
- 8) メールマガジンを受信（有料・無料を問わない）(22.2%)
- 9) インタネットオークション (17.0%)
- 10) 金融取引（ネットバンキング、ネットトレード等）(12.7%)
- 11) 電子掲示板（BBS）・チャットの閲覧 (12.4%)
- 12) アンケート回答 (11.8%)
- 13) クイズ・懸賞応募 (10.5%)
- 14) 電子ファイルの交換・ダウンロード（P2P、FTP など）(9.0%)
- 15) オンラインゲーム（ネットゲーム）への参加 (8.4%)
- 16) 就職・転職関係（求人情報入手、採用応募等）(8.3%)
- 17) 電子掲示板（BBS）への書き込み・チャットへの参加 (6.1%)
- 18) ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）への参加 (4.7%)
- 19) ホームページ（ブログは除く）の開設・更新 (4.7%)
- 20) ブログの開設・更新 (4.5%)
- 21) 電子政府・電子自治体の利用（電子申請、電子申告、電子届出）(4.2%)

- 22) 通信教育の受講（e-ラーニング）(2.6%)
- 23) 在宅勤務（テレワーク、SOHO）(0.6%)
- 24) その他 (4.7%)
- 25) 無回答 (10.6%)

であり<sup>4</sup>、個人についての携帯電話からのインターネットの利用目的は（調査人数は9,410人、複数回答）

- 1) 電子メールの受発信（メールマガジンは除く）(54.5%)
- 2) 商品・サービスの購入・取引（金融取引を除く）(30.1%)
- 3) デジタルコンテンツ（音楽・音声、映像、ゲームソフト等）の入手・聴取 (29.4%)
- 4) メールマガジンを受信（有料・無料を問わない）(17.4%)
- 5) 個人のホームページ・ブログの閲覧 (16.2%)
- 6) 地図情報提供サービス（有料・無料を問わない）(14.1%)
- 7) 企業・政府等のホームページ・ブログの閲覧 (13.8%)
- 8) 電子掲示板（BBS）・チャットの閲覧 (5.9%)
- 9) クイズ・懸賞応募 (5.9%)
- 10) 動画投稿サイトの利用 (5.5%)
- 11) アンケート回答 (5.3%)
- 12) インタネットオークション (4.9%)
- 13) オンラインゲーム（ネットゲーム）への参加 (4.8%)
- 14) 電子掲示板（BBS）への書き込み・チャットへの参加 (3.2%)
- 15) ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）への参加 (3.0%)
- 16) 金融取引（ネットバンキング、ネットトレード等）(2.8%)
- 17) ブログの開設・更新 (2.5%)
- 18) 就職・転職関係（求人情報入手、採用応募等）(2.4%)
- 19) 電子ファイルの交換・ダウンロード（P2P、

- FTP など) (2.2%)
- 20) ホームページ（ブログは除く）の開設・更新 (1.6%)
- 21) 電子政府・電子自治体の利用（電子申請、電子申告、電子届出） (0.2%)
- 22) 通信教育の受講（e-ラーニング） (0.1%)
- 23) 在宅勤務（テレワーク、SOHO） (0.1%)
- 24) その他 (2.7%)
- 25) 無回答 (26.4%)

である<sup>5</sup>。

これらの結果を見ると、インターネットは極めて多数の人々に使われていることが分かり、その利用目的もかなり広範囲に渡っていることが分かる。インターネットは明らかに社会基盤の一つになっている。

## (2) インターネット利用時の不安と被害

前項で見たとおり、インターネットは現代社会では必須の社会基盤であるが、インターネットに対する不安の存在も無視できない。

「平成21年度通信利用動向調査」では、平成21年末において世帯に関するインターネット利用上の不安の有無について（調査世帯4,230世帯）

- 1) 特に不安は感じない (20.2%)
- 2) 対策を行っているのでそれほど不安は感じない (31.5%)
- 3) 対策を行っているが少し不安を感じる (28.7%)
- 4) 不安を感じる (14.0%)
- 5) 無回答 (5.6%)

であり、平成20年末に比べて特に「特に不安は感じない（平成20年末は19.5%）」、「対策を行っているのでそれほど不安は感じない（平成20年末は28.3%）」が増加しているが、40%以上の世帯で不安を感じていることが分かる<sup>6</sup>。

平成21年末における世帯の不安の内容は（調査世帯1,795世帯、複数回答）

- 1) ウイルスの感染が心配である (70.6%)
- 2) 個人情報の保護に不安がある (69.9%)
- 3) どこまでセキュリティ対策を行えばよいかわからない (58.6%)
- 4) 電子的決済手段の信頼性に不安がある (40.4%)
- 5) セキュリティ脅威が難解で具体的に理解できない (33.3%)
- 6) 違法・有害情報が氾濫している (32.5%)
- 7) 認証技術の信頼性に不安がある (15.4%)
- 8) 知的財産の保護に不安がある (7.8%)
- 9) 送信した電子メールが届くかどうかかわからない (6.9%)
- 10) その他 (2.1%)
- 11) 無回答 (0.2%)

であり<sup>7</sup>、セキュリティや通信品質にかかわる不安が多い。

平成21年末における世帯のインターネットの被害（パソコン・携帯電話・PHS・PDA、調査世帯4,064世帯）は

- 1) ウイルスを発見または感染 (32.8%)
- 2) その他の被害 (29.0%)
- 3) 特に被害なし (36.5%)
- 4) 無回答 (1.7%)

であり、60%以上の世帯が被害にあっていることが分かる<sup>8</sup>。

平成21年末における世帯の被害の内容は自宅のパソコンについて（調査世帯3,751世帯、複数回答）

- 1) 迷惑メール（架空請求メールは除く）の受信 (34.8%)
- 2) コンピュータウイルスを発見したが、感染しなかった (23.0%)
- 3) コンピュータウイルスに1度以上感染 (11.9%)
- 4) 架空請求メールの受信 (4.5%)
- 5) スパイウェア等による個人情報の漏えい

- (1.4%)
- 6) 不正アクセス (1.3%)
- 7) フィッシング (1.1%)
- 8) ウェブ上での誹謗中傷等 (0.7%)
- 9) その他 (著作権の侵害等) (0.3%)
- 10) 特に被害はない (40.1%)

であり<sup>9</sup>、迷惑メールとコンピュータウイルスに関する被害が多いことが分かる。携帯電話については (調査世帯3,251世帯、複数回答)

- 1) 迷惑メール (架空請求メールは除く) の受信 (34.1%)
- 2) 架空請求メールの受信 (14.5%)
- 3) コンピュータウイルスを発見したが、感染しなかった (1.9%)
- 4) コンピュータウイルスに1度以上感染 (1.1%)
- 5) フィッシング (0.5%)
- 6) 不正アクセス (0.3%)
- 7) ウェブ上での誹謗中傷等 (0.7%)
- 8) スパイウェア等による個人情報の漏えい (0.1%)
- 9) その他 (著作権の侵害等) (0.0%)
- 10) 特に被害はない (40.3%)

であり<sup>9</sup>、架空請求メールも含めて迷惑メールの被害が圧倒的に多いことが分かる。

企業について、インターネットや企業内 LAN 等の情報通信ネットワークを利用する上での問題は (調査企業数1,834企業、複数回答)

- 1) セキュリティ対策の確立が困難 (57.9%)
- 2) ウイルス感染に不安 (56.8%)
- 3) 従業員のセキュリティ意識が低い (40.2%)
- 4) 運用・管理の費用が増大 (36.6%)
- 5) 運用・管理の人材が不足 (35.9%)
- 6) 障害時の復旧作業が困難 (26.1%)
- 7) 通信料金が安い (16.9%)
- 8) 導入成果の定量的把握が困難 (15.2%)
- 9) 通信速度が遅い (9.7%)

- 10) 導入成果を得ることが困難 (7.8%)
- 11) 著作権等知的財産の保護に不安 (6.4%)
- 12) 認証技術の信頼性に不安 (5.0%)
- 13) 電子的決済の信頼性に不安 (3.9%)
- 14) その他 (2.2%)
- 15) 特に問題なし (4.2%)
- 16) 無回答 (1.9%)

であり<sup>10</sup>、平成21年末において過去1年間に情報ネットワーク利用で受けた被害は (調査企業数1,830企業、複数回答)

- 1) ウィルスに感染又はウィルスを発見 (60.9%)
- 2) コンピュータウイルスを発見したが、感染しなかった (36.2%)
- 3) コンピュータウイルスに1度以上感染 (25.8%)
- 4) スパムメールの中継利用・踏み台 (3.5%)
- 5) 不正アクセス (1.9%)
- 6) 故意・過失による情報漏えい (1.3%)
- 7) DoS 攻撃 (1.0%)
- 8) ホームページの改ざん (0.3%)
- 9) その他の侵害 (0.9%)
- 10) 特に被害はない (34.8%)
- 11) 無回答 (2.5%)

である<sup>11</sup>。被害はコンピュータウイルスによるものが他の被害に比べて極めて多いことが分かる。

(1)、(2) よりインターネットに対する不安や問題点、被害は少なからず存在しているが、それにもかかわらず極めて多数の人や企業が利用していることが確認できた。

### (3) インターネットの成功と破綻

ここでは、『AKARI 概念設計書 Ver. 2.0<sup>12)</sup> (以下「設計書」と略す) および『AKARI 概念設計書 Ver. 2.0(要約)<sup>13)</sup> (以下「設計書(要約)」と略す) にもとづいてインターネットの成功と破綻について考察する。



設計書ではインターネットの成功の要因を

- (1) ネットワーク層（インターネット層）において下位層のあらゆる技術を集約することによって、通信技術の発展があってもそれを IP 層においていったん収斂し、上位層に対する影響を最小限にできること
- (2) ネットワーク層の機能は最小限（パケット到達性の確保）に抑え、新しいアプリケーション要求に柔軟に対応できるようにしておくこと

の 2 点としている<sup>14</sup>。

これらの成功要因の背景にあるインターネットの設計原理はエンド・ツー・エンド原理である。この原理は特定のアプリケーションを目的としてネットワークを構築してはならない、換言するとネットワークはビットを送信ノードから受信ノードに運ぶことに徹するというものであり、ネットワーク層をできるだけシンプルにするということである。このような利点は新世代ネットワークにも受け継がれるべき原理である。

設計書では、成功だけでなく、インターネットの破綻についても以下の 7 点を指摘している<sup>15</sup>。

- (1) マルチキャスト経路制御の破綻
- (2) ATM の破綻
- (3) インタードメイン経路制御の破綻
- (4) ネットワーク層固有の時間間隔の破綻
- (5) IPsec の破綻
- (6) IPv4 の破綻
- (7) IPv6 と ND の破綻

設計書では、新世代パケットネットワークの破綻を防ぐためには、IP 自体はまだしも周辺技術については抜本的な見直しが必要であるとしている。

インターネットの技術的成功要因は設計書に

述べられているとおりであるが、インターネットが広範囲に普及した要因は無法地帯としばしば称されるほどの自由性・匿名性・オープン性である。安全性は考慮する必要があるが、この点をどう受け継いでいくかによって広範囲に普及するか否かが決定される。広範囲に普及しなければ、ネットワークの価値は大幅に減少する。

また、インターネットはいろいろな困難を改良につぐ改良で乗り越えてきており、今後も改良によって設計書の破綻を乗り越え、更に発展をする可能性が大いにある。このネットワークとしての延命力の強さは今日の情報ネットワーク社会を念頭に設計されたわけではないという「一貫した計画性のなさ」によるところも大きい。この点は大きな欠点として設計書でも述べられているが、逆に一貫した目標がないゆえどのようにも改良されうるという特性を有している。最初から一方向に計画されたネットワークでは、このような柔軟性は期待できない。

インターネットの特性は全体を管理する者がいる統合されたネットワークではないという意味での非統合性、企業ネットワークのように一つの組織が所有しているネットワークとは異なる（一つの組織に所有されているわけではない）という意味での非組織性、無法地帯と称されるほどの自由性・匿名性・オープン性であり、これらがインターネットの広範囲に及ぶ普及の要因である。これらの点を新世代ネットワークではどのように受け継ぐのか（あるいは受け継がないか）が重要な問題である。

### 3. 次世代ネットワーク NGN の問題点

NGN は老朽化した固定電話網を IP 技術を用いたネットワークで置き換えるネットワークで、インターネットの欠点とされるセキュリティと通信品質が非常に高くなっている。次世代のネットワークとして有力な候補である。しかしながら、設計書では以下のような欠点を指摘している<sup>16</sup>。

## (1) QoS の課題

- ① IP を用いることでの制限としての QoS 保証の難しさ
- ②帯域保証の困難

## (2) スケーラビリティ、容量

- ①セッション管理におけるスケーラビリティの不安
- ②セキュリティ確保のための末端認証、個人認証に必要なトランザクション管理における不安
- ③モビリティのための位置情報データベースにおける管理情報検索性のスケーラビリティの不安
- ④①～③の不安の未解決による大容量移行の難しさ

## (3) 電力

- ①ハイエンドの IP ルータをコアに擁したベタビットクラスの処理によるメガワットクラスの消費電力の必要性

## (4) 柔軟性、持続性

- ① ANI の実装および技術とは別の制限による発展性の阻害の可能性
- ②既存サービスのリプレースが大儀であるための恒久的な（50年、100年を越えるような）持続性の考慮なし

NGN も含めて NXGN（Next Generation Network、IP をベースとする次世代ネットワーク）は改良・発展により NWGN に近づく可能性がある。NXGN は NWGN の概念設計図により方向性を見いだすことが可能となるので、設計図の重要性はさらに増すことになる。

## 4. 新世代ネットワーク

インターネットは問題点が多く、いずれ破綻する可能性がある。NGN は将来のネットワークの中心的存在となる可能性は有するものの、IP による限界のため自ら変化し社会適応してゆく持続進化性を持つことは難しい。したがって、進化し社会適応する持続進化性を有する新しいネットワークを創造する必要がある。AKARI プロジェクトはこのようなネットワークの創造を目指したプロジェクトである。

このプロジェクトは、現在の技術に捕らわれず、社会的課題の解決および社会的将来展望を見据え、白紙の状態から理想を追い求め、その後現在からの移行を考えるという立場をとる。20年後、30年後のネットワーク社会を担う持続進化性のある社会インフラとしての新しいネットワーク全体のグランドデザインを行うことがその目的である。

以下では、設計書および設計書（要約）にしたがってこのプロジェクトを概観する。

### 4.1 社会的課題と社会的将来展望

新世代ネットワークに関して以下の12点の社会的課題が指摘されている。

- ①エネルギー課題
- ②災害課題
- ③医療課題
- ④食料課題
- ⑤防犯課題
- ⑥事故課題
- ⑦国際地域格差課題
- ⑧少子・高齢化課題
- ⑨国際経済格差課題
- ⑩教育課題
- ⑪リカレント教育課題
- ⑫サイバーセキュリティ

また、社会的将来展望について以下の6点を

上げている。

- ①文化・生活の多様性
- ②メディア融合
- ③知識社会
- ④電子政府・e デモクラシー
- ⑤エンターテインメント
- ⑥フロンティア（高度な衛星・地球局ネットワーク、海洋ネットワークなど）

これらを見据えた上で、設計要求として以下の点を掲げている。

- ①高速大容量化（ペタビット級バックボーン、10G FTTH）
- ②スケーラブル（1,000億デバイス、M2M、100万放送局）
- ③オープン性（適切な競争原理の支援）
- ④頑強性と高可用性（医療、交通、緊急通報など）
- ⑤安全性（プライバシー、金融、食品追跡、災害）
- ⑥多様性（多様な通信要求を前提とする設計と評価）
- ⑦遍在性（地球環境・人間社会モニタリング）
- ⑧統合単純化による信頼性の向上と拡張性の容易さ（通信放送融合）
- ⑨経済的インセンティブが働くようなビジネスコストモデルを含んだ設計
- ⑩地球に優しい省電力型ネットワーク
- ⑪社会の発展に合わせて発展できる柔軟性・発展性

## 4.2 新世代ネットワークアーキテクチャ設計の基本原則

設計書では上記のような設計要求を持つ新世代ネットワークの設計原理を以下のように考えている。

### (1) 結晶合成原則

新たな機能の統合にさいしては、技術の結晶合成と呼ぶべき単純化を行って機能統合における複雑度が減る方向に設計を行うことが求められる。そのため、以下の3つの原則を取り入れる。

#### ①選択・統合・単純化：

技術を選択し、統合する際は単純化することを最も重要視する。

#### ②共通レイヤ：

共通層の存在を前提として他の層での重複機能（共通層で実現される機能）を省き、レイヤ縮退を行う。

#### ③エンド・ツー・エンド：

特定のアプリケーションに基づいて、あるいは、特定のアプリケーションのサポートを目的にネットワークを構築してはならないというインターネットの基本原則は新世代ネットワークにおいても必要である。端末にできることは端末に任せて過度の機能をネットワークに入れない指針の存在が新世代ネットワークにおいても大切である。

### (2) 現実結合原則

インターネットの問題点は、ネットワーク上の空間にあるエンティティと現実社会とが乖離することにより生じているので、これらの関係を滑らかに結合する必要がある。そのため、一旦、エンティティを識別する構造を目的にそって分離して独立に体系化した後、これらの間のマッピングやそれによって生じる認証やトレーサビリティの要求を満たす原理が必要となる。

#### ①物理・論理分離：

複数の論理構造を独立して管理することが重要である。複数の論理アドレス空間の多様な体系化を許容し、利用できる

アーキテクチャは、物理ネットワークを活用する上でも重要である。

②双方向認証：

双方向認証が可能なネットワークを設計すべきである。

③追跡可能：

ネットワーク上の攻撃を軽減するためには追跡可能でなければならない。

(3) 持続的な進化可能原則

新世代ネットワークアーキテクチャにおいては、ネットワークが進化し発展するために必要な持続可能なネットワークを設計することが重要である。ネットワークをシンプルな構造にし、エンドノードやエッジノードにおいてサービスの多様性を確保することが必要である。そのため、以下のような制御・設計手法の確立が必要となる。

① Self-\*特性：

新世代ネットワークにおいては、自己創発性が求められ、ネットワーク自身がネットワークを管理できるようなさまざまな機能が必要とされる。また、ネットワーク内の個々のエンティティが自律分散的に動作し、全体としては意図する制御が実現されるような自己組織型ネットワークを設計する必要がある。さらに、下位層、上位層の状態に適応可能な制御構造を有する自己創発型ネットワークを設計する必要がある。

②スケラブルな分散型制御：

自己組織型制御を導入し、自律的な動作を各ノードに求めることが重要となる。

③ロバストな大規模ネットワーク：

新世代ネットワークアーキテクチャにおいては、故障が同時に発生したり重大な故障が発生したりしても対応可能な設計が必要である。

④トポロジが変動するネットワークのため

の制御：

モバイルネットワークやP2Pネットワークにおける通信機器の移動、生成・消滅の多発などに対応するため、モビリティを予め考慮したネットワーク設計が必須である。たとえば、トポロジが頻繁に変動する場合は、経路・アドレスの維持よりオンデマンドな資源発見に対する制御が有効になるのは当然である。ただし、オーバーヘッドが大きいので、状況に応じた経路制御が実現できることも重要である。

⑤実時間トラヒック計測に基づく制御：

ネットワークの大規模化による故障発生 of 常態化のため、制御に必要なタイムスケジュールに応じた精度を最適化した実時間トラヒック計測が重要であり、その経路制御への適用も必要となる。また、エンドホストの自律的な動作をより求めるためには、ネットワーク状態のリアルタイム実測あるいは推測が重要となる。

⑥オープン性：

新アプリケーション創生のためのユーザに対するネットワークのオープン性の提供も重要である。

4.3 科学と技術の融合に基づくネットワークアーキテクチャ

新しいネットワークアーキテクチャを構築するためには、科学と技術を融合したネットワークアーキテクチャの設計が重要である。科学と技術を融合した新しいネットワーク科学を創出することは容易なことではないが、以下のような分野に注目する必要がある。

①べき則

②自己組織化

③自己成長

④複雑適応系

⑤創発性

## ⑥非平衡系

### 4.4 新アーキテクチャの基本構成

新世代ネットワークアーキテクチャの設計原理に基づいたアーキテクチャの基本構成要素を概観する。

#### (1) 光パケット交換・光パス

光パケット交換とは、電子処理を駆使して交換すると考えられてきたパケットを光化し、光技術により交換する概念であり技術である。光パスは光パケット交換とは対極にある概念である。光パスは入口側の端に光信号を入力すると出口まで光信号が電気信号に変換されることも、光信号の内部論理情報も変わることがない。データの通路となる回線の集合、すなわち、パスが光から構成されている。光パスは、パケット交換だけでは不十分なサービス提供のため用いられる。

また、光パケット交換と光パスを統合する機構として以下の3つのモデルをあげている。

- ①パケット交換ネットワークとパスネットワークのデータ転送媒体の分離・緩い資源共有
- ②パケット交換ネットワークとパスネットワークのデータ転送媒体の分離・積極的な物理資源共有
- ③パケット交換ネットワークのデータ転送のためのパスネットワークの空き資源一時利用

#### (2) 光アクセス

今以上に高速かつ様々なサービスに対応するため、WDM-direct と呼ばれる新世代光アクセスアーキテクチャを用いた以下の2つのモデルをあげている。

#### ①シングルスター型新世代光アクセスアーキテクチャ

#### ②ダブルスター型新世代光アクセスアーキテクチャ

#### (3) アクセス系

様々なセンサやパーソナル通信デバイスがユーザを取り巻くように存在する社会に対応するための新世代無線通信技術や無線ネットワークを取り上げている。

#### (4) PDMA

PDMA とは、パケット網向けのセルラー通信のためのパラダイムである。セルラー通信をインターネットに代表されるコンピュータネットワーク用に設計しなおす。

#### (5) トランスポート層制御

トランスポート層制御のユニバーサル対応、移行シナリオ、公平性の考察と自己組織制御型TCPを提出する。生物に学ぶ自己組織制御の例として、ロトカ・ヴォルテラ競争モデルに基づくTCPの輻輳制御方式をあげている。

#### (6) ID とロケータを分離したネットワーク接続アーキテクチャ

新世代ネットワークにおいては、ノード識別子と位置指示子にそれぞれ異なるエンティティを持つ、機器識別子と位置指示子を分離したID／ロケータ分離ネットワークアーキテクチャが必要である。

#### (7) レイヤリング

隣接のレイヤに限らず制御情報のやりとりを行なうクロスレイヤアーキテクチャが必要となる。

## (8) セキュリティ

新世代ネットワークにおいても分散管理型のセキュリティ機能となるが、その内容は以下のとおりである。

- ①ユーザ利用デバイスの信頼とデバイスとのやり取りの正確な把握
- ②ネットワーク領域をまたがる転送における盗聴・改竄・その他の攻撃の回避
- ③予測されるあらゆる攻撃に対する頑健かつ修復可能なアーキテクチャ
- ④端末のモビリティに対する通信のセキュリティとプライバシーの保障
- ⑤信頼できるサービス提供と信頼できる通信のためのユーザ・機器・オペレータ・サービスプロバイダ間の信頼関係の確立
- ⑥部分によって様々なセキュリティポリシーを設定可能とするセキュリティアーキテクチャの構築
- ⑦アイデンティティ管理・認証・完全性・機密性・信頼性を含む基本的なセキュリティサービスの提供
- ⑧異なるグループに対する要求に応じた異なるセキュリティレベルの設定
- ⑨異なるセキュリティサービスの統合・自律的構成可能なセキュリティプラットフォームの提供

## (9) QoS 経路制御

QoS 経路制御における様々な困難に対処するため、新世代ネットワークにおいては以下のような対応が必要である。

- ① QoS 通信の経路の統合の不可能性の認識
- ②各通信に必要な QoS 経路制御情報のその通信のシグナリングメッセージによる運搬
- ③マルチキャスト経路制御の QoS 経路制御への統合

## ④事業者の誇大広告の禁止

## (10) ロバスト性制御

スケイラビリティ、故障などを含めた通信環境の変動に対する適応性などを実現するため自己組織化の仕組みを導入する。基本的には、ネットワーク内エンティティが局所通信によるみ制御を行い、それによってマクロで見て全体のシステムで目的とする機能を創発するものである。

## (11) オーバーレイネットワーク

新世代ネットワークにおいては、持続的発展性の実現やユーザコントローラビリティなどの枠組みが必要である。持続的発展性を実現するための技術的要件は

- ①機能移行機構
- ②移行ポリシー

があり、ユーザコントローラビリティを実現するための技術的要件は

- ①高度なリソース管理機構
- ②リソース連携機構
- ③中継ノードの API

である。

## (12) ネットワーク仮想化

ネットワーク仮想化とは、仮想化技術をネットワークに拡張したものである。すなわち、共有された物理的な基盤ネットワークを複数の論理的なネットワークとして見せる技術である。この技術により、アーキテクチャ設計、競争原理、持続進化などが促進する枠組みを構築することが可能である。

### (13) アプリケーション基盤

新世代ネットワークの機能要件を抽出する上で重要なデータ管理基盤について

- ①光グリッドネットワーク基盤
- ②マネージド無線メッシュを用いた地域向け情報流通プラットフォーム
- ③パーソナルネットワーク技術
- ④オープン NGN

を考察する。

### 4.5 新世代ネットワークアーキテクチャの提案

設計書では、目的別に以下の5つのネットワーク構成をあげている。

- ①モデルA：階層化とクロスレイヤ連携に基づく統合的アーキテクチャ
- ②モデルB：下層（ネットワーク層以下）の機能重複を省き極力単純化したアーキテクチャ
- ③モデルC：QoS 保障とマルチキャストを志向したアーキテクチャ
- ④モデルD：異種デバイス・ネットワーク接続を志向したアーキテクチャ
- ⑤モデルE：センサ情報流通と地域・個人適応サービスを志向したモバイルアクセスアーキテクチャ

### 4.6 まとめ

4.1～4.5においては設計書および設計書（要約）に基づき、新世代ネットワークに対する社会的要求と設計要求、新世代ネットワークアーキテクチャ設計の基本原則、科学と技術の融合に基づくネットワークアーキテクチャ設計、新アーキテクチャの基本構成、新世代ネットワークアーキテクチャの提案を概観した。

新世代ネットワークは、現在存在するネットワークの改良や現在ある技術による構築ではなく、社会的要求に対応する設計要求をもとに白紙の状態からネットワークアーキテクチャを構築するという方式であるから、社会的課題に対する対応能力は非常に高くなる。しかし、将来の社会を予想することは非常に難しいので、設計書でも述べられているように、変化に対応できる柔軟なネットワークの設計・構築が重要となる。

新世代ネットワークは技術的には優れており、セキュリティや通信品質の面でも格段の進歩をしているが、インターネットに変わって、社会の基盤となるネットワークになるかどうかは分からない。インターネット以上に安価で使いやすいサービスが提供でき、さらにインターネット以上の自由性・匿名性・オープン性が保証できて初めてインターネットを凌駕する社会基盤としてのネットワークとなるが、簡単には乗り越えられない壁である。

## 5. オートポイエーシス<sup>17-26</sup>

新世代ネットワークのおいは、すでに見てきたとおり、「自己組織化」が重要な役割を果たしている。河本はシステムの進化を3段階にわけ、「自己組織化」を第二世代システムと位置づけている<sup>18</sup>。システム発展の3段階は

第一世代システム      動的平衡系

第二世代システム      自己組織化

第三世代システム      オートポイエーシス

である。本稿ではオートポイエーシスの観点から新世代ネットワークと経営情報システムを考察する。そのため、ここではオートポイエーシスについて概観する。

オートポイエーシスは生命システムを説明するために H. R. マトゥラーナと F. J. ヴァレラに

よって導入された概念である<sup>17</sup>。H.R. マトゥラーナと F.J. ヴァレラはオートポイエーシスを次のように定義した<sup>27</sup>。

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（変形及び破壊）過程のネットワークとして、有機的に構成（単位体として規定）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（関係）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（機械）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。

また、この定義の帰結として、4つの特徴をあげている<sup>28</sup>。

- (1) オートポイエティック・マシンは自律的である。それがプロセスのなかでどのように形態を変えようとも、オートポイエティック・マシンはあらゆる変化をその有機構成の維持へと統御する。（自律性）
- (2) オートポイエティック・マシンは個性を持つ。すなわち、絶えず産出を行い有機構成を不変に保つことによって、観察者との相互作用とは無関係に、オートポイエティック・マシンは同一性を保持する。（個性性）
- (3) オートポイエティック・マシンは、特定のオートポイエティックな有機構成をもっている。そしてまさにそのことによって、単位体を成している。オートポイエティック・マシンの動作が、自己産出のプロセスのなかでみずからの境界を決定する。（境界の自己決定）

- (4) オートポイエティック・マシンには入力も出力もない。（入力と出力の不在）

河本は4つの特徴のうち、自立性、個性性、境界の自己決定は伝統的な有機体論の視点からでも十分理解可能であるが、「入力も出力もない（入力と出力の不在）」は理解不能であると述べている。さらに、この点について、観察者の視点ではなく、システムの動作を内的な視点で捉える限り、システムそのものにとっては「入力も出力もない」ということになる」と説明している。システムを産出的作動という点で理解すると、システムと外的条件をどのように詳細に分析しても、システムの産出的作動を分析したことにはならないとも述べている<sup>29</sup>。

オートポイエーシス・システムの最大の特徴は「入力も出力もない」という点であり、システムの作動を内的な視点で分析しない限り理解することができないという点である。

## 6. 新世代ネットワークとオートポイエーシス

新世代ネットワークの特徴の一つは自己組織化である。アーキテクチャとして組み込まれているので、ネットワークが完成した後は人手がなくとも自己組織化される部分が存在する。

一方、オートポイエーシスの観点からは、産出関係と入出力の不在が必要となる。生命システムのようにネットワーク自体がネットワークを産出することは（少なくとも現時点および近い将来においては）ありえないので、ネットワークのみを考察の対象としたのではオートポイエーシス・システムにはなりえない。したがって、本稿では新世代ネットワークとそれを管理・発展させる人も含めて考える。このような立場で考察するときは、すなわち人も含めて考えるとき「新世代ネットワーク・システム」と呼ぶことにし、人を除いて考えるときは今までどおり「新世代ネットワーク」と呼ぶことにする。

以下では、「新世代ネットワーク・システム」



が「オートポイエーシス・システム」であることを示す。

「新世代ネットワーク」は「変化に対応できる柔軟なネットワーク」として設計されるので、完成後も改良された新たな「新世代ネットワーク」に変化してゆく。この変化は新世代ネットワークにかかわる人（新世代ネットワーク・システムに含まれる）によって行われる。この過程は「新世代ネットワーク・システム」が「新世代ネットワーク・システム」を産出する過程と考えられる。改良、発展は継続されていくので、産出過程が続く産出過程の連鎖となる。産出については他の産出プロセスを必要としないので、閉域として独立し、オートポイエーシス・システムとなる。他の産出プロセスを必要とせず、自分と自分以外の全てのプロセスを明確に切り離している、個性性は明らかであり、外部から直接操作できないので自立性も明らかであり、境界も当然形成される。新たな（改良され発展した）「新世代ネットワーク・システム」を産出するためには、物質（素子や機器など）、情報、場合によっては人を取り入れる（入力）必要があり、その意味では入力が必要となるが、産出プロセスの連鎖は閉域を形成しており、入力・出力は存在しない。

以上より、（人を含めた）新世代ネットワーク・システムはオートポイエーシス・システムであると考えられる。

## 7. 経営情報システム<sup>30-34</sup>

情報は「ヒト・モノ・カネ」と並ぶ第4の経営資源とみなされ、現代の企業においてはその取り扱いが経営成績に重大な影響を与えている。それゆえ、情報を取り扱う最適なシステムの構築は最優先の課題となっている。

情報を扱うシステムはコンピュータとネットワークからなる情報通信システムが中心であるが、高性能の情報通信システムを所有していても、それにかかわる多様な「ヒト」の能力いかならずは全く機能を果たさなくなる場合もある。

また、情報の取得・伝達においてはコンピュータネットワークを通さない「ヒトからヒト」への情報経路も重要である。それゆえ本稿では経営情報システムに「ヒト」を含める。すなわち経営情報システムを「コンピュータネットワーク+ヒト」と考える。ヒトを含めない場合、経営意思決定において経営情報システムの機能は「意思決定支援機能」となるが、ヒトを含める場合は「意思決定機能」となる。

情報システムが企業で最初に用いられた目的は「業務の自動化」である。手作業で行われていた業務の情報システムによる自動化は最初から成功を収め、現在に至るまで経営情報システムの必須の機能となっている。この初期の経営情報システムは「電子データ処理システム」と呼ばれた。

1960年代になると「経営情報システム」という概念が形成されたが、当時の経営情報システムは業務の自動化に加え「構造的意決定」においても成果を挙げた。

1970年代になると60年代の「経営情報システム」では扱えなかった「準構造的意決定」に対応した「意思決定支援システム」が登場した。最終的な判断は「ヒト」が決定するが、決定過程においてコンピュータネットワークシステムが有用な支援を実施する経営情報システムである。このシステムでは、最終判断が意思決定者の能力に依存するので、必ずしも企業にとって有益な決定がなされるとは限らない。この点を改善するためエキスパート・システムを活用する経営情報システムの研究がなされているが、現時点においても高度な経営意思決定が可能なコンピュータシステムは存在せず、意思決定においては「ヒト」が重要な役割を果たしている。

1980年代後半になると、意思決定とは別の面から経営情報システムを活用する「戦略的情報システム<sup>34</sup>」が提唱される。経営情報システムを戦略的に活用し、企業の競争優位を獲得しようとするシステムであったが、一時的な競争優位は得られても、持続的な競争優位は得られず、評価が低下した。

「戦略的情報システム」以後「――経営情報システム」という概念は提唱されなくなったが、現代企業における経営情報システムはさらに重要性を増しており、業務の自動化（効率化）、意思決定、業務プロセスの支援など企業の各部署で経営支援を遂行している。

本稿では経営情報システムを、企業内（企業所有）の経営情報システム（狭義の経営情報システム）に新世代ネットワークを介して低コストで企業外部の膨大な数の個人（消費者）と接続された巨大な情報システム<sup>35</sup>であるとする（このシステムを広義の経営情報システムと呼ぶことにする）。狭義の経営情報システムはこの巨大なネットワークシステムのハブであり、集合知による決定とその利用という新たな役割を果たすことになる。

## 8. 狭義の経営情報システムとオートポイエーシス

狭義の経営情報システムも新世代ネットワーク・システムと全く同様にしてオートポイエーシス・システムであることが示せる。

「狭義の経営情報システム」は現在でも「変化に対応できる柔軟なシステム」として設計するのが望ましいとされているが、新世代ネットワークが完成する将来においてはより柔軟なシステムになっていると思われる。したがって、完成後も改良された新たな「狭義の経営情報システム」に変化してゆく。この変化は「狭義の経営情報システム」に含まれる人によって行われる。この過程は「狭義の経営情報システム」が「狭義の経営情報システム」を産出する過程と考えられる。改良、発展は継続されていくので、産出過程が続く産出過程の連鎖となる。産出については他の産出プロセスを必要としないので、閉域として独立し、オートポイエーシス・システムとなる。他の産出プロセスを必要とせず、自分と自分以外の全てのプロセスを明確に切り離しているため、個性性は明らかであり、外部から直接操作できないので自立性も明らかで、

境界も当然形成される。新たな（改良され発展した）「狭義の経営情報システム」を産出するためには、物質（素子や機器など）、情報、場合によっては人を取り入れる（入力）が必要であり、その意味では入力が必要となるが、産出プロセスの連鎖は閉域を形成しており、入力・出力は存在しない。

## 9. 構造的カップリングと広義の経営情報システム

「構造的カップリング」とは複数のオートポイエーシス間の関係を表したものである。

H. R. マトゥラーナは「構造的カップリング」を次のように説明している。

二つ以上の単位体の行為において、ある単位体の行為が相互に他の単位体の行為の関数であるような領域がある場合、単位体はその領域で連結している（カップリング）と言ってよい。カップリングは、相互作用する単位体が、同一性を失うことなく、相互作用の過程でこうむる相互の変容の結果として生じる<sup>36</sup>。

山下は「構造的カップリング」を以下のように説明している。

構造的カップリングとは、複数のオートポイエーシス・システム同士がお互いを環境として攪乱を生じあっている状態である。したがって、これはシステム間の単純な相互作用ではない。一方のシステムが他方のシステムに働きかけ、それに応える形で逆に働き返す、という図式にはなっておらず、相互の攪乱は完全に同時で、そのためそれぞれの作動は自律的であり、対応関係はない。したがって、構造的カップリングしているそれぞれのシステムにおきる変化に因果的対応関係をつけることは不可能だが、構造的カップリングはそれらシステムすべ

ての作動の前提となり、それぞれのシステムはカップリングしている相手のシステムの作動を残らず自分自身の作動に織り込んでいる。とは言っても、オートポイエーシス・システムに自分の環境に属するシステムは見えないから、それぞれのシステムから攪乱を受けつつ、自分のオートポイエーシス維持が可能な範囲で、自律的に作動しているだけだが。当然、カップリングしている総体に何が起きるかは、創発による。個々のシステムの作動からは決まらない。

新世代ネットワーク・システムも狭義の経営情報システムもオートポイエーシス・システムであるから、これらの結合は構造的カップリングとなる。新世代ネットワークで接続される個人（消費者）はオートポイエーシス・システムと考えられるので、狭義の経営情報システム、新世代ネットワーク・システム、接続されている個人からなる広義の経営情報システムは膨大な数のオートポイエーシス・システムの構造的カップリングということになる。このシステムの創発現象は「集合知」とであると考えられる。

## 10. おわりに

本稿では、まず、最新の『通信利用動向調査』によるインターネットの利用率・不安・被害及び設計書に記述されたインターネットの成功と破綻をもとに、インターネットに変わる極めて高度な通信品質とセキュリティを備えたネットワーク（新世代ネットワーク）が必要であることを認識した。NGN はインターネットに変わるネットワークになる可能性はあるが、問題点もあり、やはり新しいネットワーク（新世代ネットワーク）が必要であることを認識した。その後、新世代ネットワークの設計書をもとに、新世代ネットワークとはどのようなものであるかを要約し、全体像を容易に見渡せるようにした。さらに、本稿の考察で用いるオートポイエーシスについてまとめ、新世代ネットワーク・シス

テムがオートポイエーシス・システムであることを示した。次に、狭義と広義の経営情報システムを考察し、狭義の経営情報システムがオートポイエーシス・システムであることも示した。最後に、構造的カップリングという概念を導入し、広義の経営情報システムが膨大な数のオートポイエーシス・システムの構造的カップリングであることを示し、そして、このシステムの創発現象が集合知であることを指摘した。

今後は新世代ネットワーク、狭義の経営情報システムのオートポイエーシスとしての性質、及び構造的カップリングとしての広義の経営情報システムの性質を考察の対象としたい。

## 注

1. 野村総合研究所技術調査部『IT ロードマップ 2010年版』東洋経済新報社、2009、227頁。
2. 総務省『平成21年通信利用動向調査の結果（概要）』、2010、1頁。
3. 同上書、4頁。
4. 同上書、9頁。
5. 同上書、10頁。
6. 総務省『平成21年通信利用動向調査（世帯編）の概要』、2010、30頁。
7. 同上書、31頁。
8. 同上書、34頁。
9. 同上書、35頁。
10. 注2、24頁。
11. 総務省『平成21年通信利用動向調査（企業編）の概要』、2010、45頁。
12. AKARI アーキテクチャ設計プロジェクト『新世代ネットワークアーキテクチャ AKARI 概念設計書改訂版（Ver2.0）』2009。  
<http://akari-projet.nict.go.jp/concept-design/AKARI-report20pdf>
13. AKARI アーキテクチャ設計プロジェクト『AKARI 概念設計書 Ver2.0（要約）』2009。  
<http://akari-projet.nict.go.jp/conceptdesign.htm>
14. 設計書、10頁。
15. 同上書、10頁。
16. 同上書、7頁。
17. H. R. マトゥラーナ、F. J. ヴァレラ（著）河本英夫（訳）『オートポイエーシス』国文社、1991。
18. 河本英夫『オートポイエーシス—第三世代システム』青土社、1995。

19. 河本英夫『オートポイエーシスの拡張』青土社、2000。
20. 河本英夫『オートポイエーシス2001』新曜社、2000。
21. 河本英夫『メタモルフォーゼ オートポイエーシスの核心』青土社、2002。
22. 河本英夫『システム現象学 オートポイエーシスの第四領域』新曜社、2006。
23. 山下和也『オートポイエーシスの世界』近代文芸社、2004。
24. 山下和也『オートポイエーシスの倫理』近代文芸社、2005。
25. 山下和也『オートポイエーシスの教育』近代文芸社、2007。
26. 山下和也『オートポイエーシス入門』ミネルヴァ書房、2010。
27. 注17、70頁。
28. 注17、73頁。
29. 注18、158～161頁。
30. 遠山暁、村田潔、岸真理子『経営情報論』有斐閣、2008。
31. 岸川典昭、中村雅章〔編著〕『現代経営とネットワーク』同文館出版、2009。
32. 遠山暁『現代経営情報システムの研究』日科技連出版社、1998。
33. 宮川公男〔編〕『経営情報システム』中央経済社（2004）。
34. C. ワイズマン〔著〕土屋守章、辻新六〔訳〕『戦略的情報システム』ダイヤモンド社、1989。
35. 現在は狭義の経営情報システムと企業外部の膨大な数の個人（消費者）とを結び付けているのはインターネットである。ここでは、将来起こりうるものとして新世代ネットワークによる接続を考えている。この場合、通信品質とセキュリティが極めて優れた接続となる。
36. 注17、117頁。