

## Cyberworlds の基礎的研究 — オープンソース教育モデルと社会進化 —

大崎 雅也

澤 銀治

國井 利泰

金沢工業大学大学院工学研究科  
知的創造システム専攻

法政大学大学院情報科学研究科  
情報科学専攻

金沢工業大学大学院工学研究科  
IT 研究所

概要：現在の情報社会において、リナックスフリーオペレーティングシステムの社会への浸透を契機としてオープンソースが注目されている。IT 企業もその経営戦略の中にオープンソースを組み込み始めた。オープンソースは従来の社会概念を超えた現象である。オープンソースはソフトウェア開発や企業戦略に限られた課題として議論されていることが多い。しかしオープンソースはデジタル化、ネットワーク化が進む現代社会の抱える課題の解決方法となりうる可能性をもっている。開発方法論的、政治学的、経済学的、社会学的な観点からオープンソース研究は多くなされている。しかし教育からのアプローチは多くない。本論文ではオープンソース教育の基盤を成す、サイバー世界の理論的枠組みとその歴史的意義付けとしての情報史観とを概括した後、教育の観点からオープンソースを論じる。そして世界を理解し、未来社会に向けてのあるべき社会の提言としてオープンソース教育概念モデルを提案する。

キーワード： オープンソース、サイバー世界、ウェブコミュニティチャート、情報慣性、オープンソース教育モデル

### The Fundamentals of Cyberworlds : Social Evolution and an Open Source Education Model

Masaya Osaki

Ginji Sawa

Tosiyasu L. Kunii

Graduate Program in Systems  
for Intellectual Creation  
Master Degree Program  
Kanazawa Institute of Technology

Graduate School of  
Computer & Information Sciences  
Hosei University

IT Institute  
Graduate School of Engineering  
Kanazawa Institute of Technology

**Abstract:** In the current information society, open source programs such as Linux have attracted considerable attention due to their widespread public and private use. Information technology-oriented firms tend to employ open source programs as a part of their business strategy, and as a result conventional business behaviors and customs have begun to break down. Such programs have hitherto been discussed and applied mainly in relation to software development, politics, economics, and sociology, but they can be and should be investigated from educational and other aspects as means for reaching solutions to some of the problems affecting society from multiple aspects.

This paper therefore deals with open source programs from an educational point of view. As fundamentals of cyberworlds, we define axioms, theorems, implementations, and proofs in terms of a historical overview of Informatica, and we present a conceptual Open Source Education Model as a potential contribution to the improvement and evolution of our society.

**Keyword:** Open Source, Cyberworlds, Web community chart, Open Source Education Model, Information Inertia

#### 1. まえがき

オープンソースは急激な成長を続けてきた。1960年代のハッカー文化時代、1970年代のUNIX文化時代、1980年代はR. StallmanによるFSF(Free Software Foundation)の設立とGNUプロジェクト、そして1990年代はLinuxの成功の

時代と言えるだろう。1998年“Open Source Initiative”が設立され、フリーソースからオープンソースへのラベルの張替え及びそれに伴い商用ソフトへの対決姿勢から現実主義への転換がなされた[1][2]。ちょうど商業利用の途が開かれたインターネットの急速な普及によりオ

オープンソースは大きなムーブメントを形成してきた。

将来、オープンソースムーブメントは伝統的なプロプライエタリーなソフト開発手法を駆逐しバザール方式をデファクトスタンダードと成し得るのであろうか。その成功の鍵は何であろうか。このムーブメントの帰結が R. Stallman のいう社会改革[3]であるとすれば、その社会とはいかなるものであり、そこに至る道筋はどのようなものであろうか。多くの識者が指摘しているようにオープンソースは単にソフトウェア開発だけに限られた問題ではない。S. Weber[4]によればオープンソースプロセスは経済全体としての生産組織の形態であり、また吉田[5]は循環代謝型社会への萌芽をオープンソースに見出している。

本論文の構成は以下の通りである。2では歴史を紐解いて情報革命を史観的に説明する。3では史観を背景とした本論文の目的を述べる。4ではオープンソースの前提としてサイバー世界の公理設定について論じ、その帰結としての新しい社会の姿を述べる。5では教育を定義した上でオープンソース教育概念モデルについて述べる。6では、5で提示した教育モデルの社会的インパクトを論じる。7では教育モデル開発の雛形として実装想定事例を紹介する。8では今後の課題を述べることとする。

## 2. 背景

N. Negroponte が未来社会[6]を提唱してから10年を経た現在インターネットが先進国において普及し、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー等の技術革新とあいまって情報革命という新しいパラダイムの途中である。情報革命を定義するために、まず情報の起源を考察する。松岡[12]によれば、情報とは G. Bateson の定義[7]に従えば“差異を生み出す差異”である。その起源は A. G. Cairns-Smith[8, 9]によれば宇宙から持ち込まれたメタコードである。これは生命の起源でもある。その宇宙とは G. Gamow の説[10]によれば特異点が出現し連続したビックバンを経て創生された。そこから情報は遅れて到来すること（ドップラー効果）と情報は光を必ず伴う性質を有する（宇宙の晴れ上がり）ことが認められる。

I. Prigogine の仮説[11]に従えば、無秩序の宇宙（大エントロピー）において熱源である宇宙の中心からあまりにも離れすぎた地球ではゆらぎが生じ、熱力学的な非平衡系（小エントロピー）が形成される。そこでは自己触媒的に秩序的な様相が出現し、メタコードである情報の母型

は情報の自己組織性を造ったと考えられている。情報の誕生であると同時に生命の誕生でもある。つまり生命は無秩序から秩序を生じせしめる存在であるといえる。誕生した生命は進化を遂げ、やがて人類が生まれた。人類は情報をコミュニケーションとしての文化に創り上げ、社会を築いてきた。ユークリッド幾何は二千年程度の歴史でありながら、宇宙創生の歴史から見るとほんの瞬間にすぎない。量子力学が古典力学の常識を打破したように、生命工学、情報科学のさらなる研究が待たれる。

コミュニケーションとしての情報を考えるためにユークリッド幾何以後を研究することが不可欠である。そこでユークリッド幾何以後の古代から現代に至るコミュニケーションの歴史を俯瞰的にまとめた。表1は松岡[12]による編集を筆者らが再構成して表にまとめたものである。

| 時代背景                 | コミュニケーション形態            |
|----------------------|------------------------|
| ( Oral・コミュニケーションの時代) | (体と声だけのコミュニケーション)      |
| 図形と文字の出現             | 体と声と絵と図と文字コミュニケーション    |
| 写本文化と物語の時代           | 文字のコミュニケーションの優位        |
| 活版印刷の時代              | 活版印刷のコミュニケーション         |
| 産業革命の時代              | 郵便制度情報ネットワークのコミュニケーション |
| 鉄道と通信ネットワークの時代       | 鉄道と通信ネットワークのコミュニケーション  |
| 万国博の時代               | 海底電線による国際コミュニケーション     |
| 電話ネットワークと電気革命の時代     | 電話ネットワークのコミュニケーション     |
| 自動車と広告の時代            | ラジオのコミュニケーション          |
| 大衆による情報ゲームの時代        | 出版印刷のコミュニケーション         |
| トランジスタ・コンピュータの時代     | 複写コピーのコミュニケーション        |
| 家電革命と情報コンピュータの時代     | テレビのコミュニケーション          |
| パーソナルコンピュータとグラフィック   | 第三世代コンピュータのコミュニケーション   |
| マルチメディアの時代           | インターネットのコミュニケーション      |

表1 コミュニケーションの歴史

## 3. 目的

本論文は、公理設定から定理を導き、そこから実装を設計する思考法によるアプローチによりオープンソース教育の概念モデルを考察し、その社会的なインパクトを示すことである。またオープンソース教育の普及が世界の安定化装置となりうる。そしてこの安定化は新しい社会（循環型共同体）に向けた提言となる。

## 4. 公理 ～サイバー世界の可能性

### 4.1 サイバー世界

サイバー世界は設計の有無に関らず、サイバースペースに意図的か否かを問わず創られたコンピュータ空間と定義する[13, 14, 17]。サイバー世界は実世界とデジタル世界を含むものである[13, 14, 17]。ユークリッドが実世界を定義したようにサイバー世界に公理をおく[18]。

第一に情報の起源を光と生命とする立場から情報世界は光速に収斂するという命題を得る. この命題を実世界におくと, 覇権の範囲と覇権の期間をパラメータとした事実から以下の公理[18]を得る.

公理 1 : 情報の伝達速度に比例して覇権の範囲が決まる.

公理 2 : 情報の伝達速度に反比例して覇権の期間が決まる.

これらの仮説は史実に基づくパワーシフト(表 2)により証明される[18]. これらの公理から人類の歴史で初めて覇権としての権力の集中が消滅し, デジタルネットワークを基盤とする非線形かつ相互的な権力構造が成立する社会が到来すると結論できる.

| The Great Powers | Information Carrier      | Information Speed   | The Power Area Size   | The Power Period |
|------------------|--------------------------|---------------------|---|------------------|
| Pax Romana       | human feet networks      | 5 - 10 km/hour      | 2 million km <sup>2</sup>                                     | 1000 years       |
| Pax Britanica    | surface vehicle networks | 50 - 100 km/hour    | 20 million km <sup>2</sup>                                    | 100 years        |
| Pax Americana    | aircraft networks        | 500-1000 km/hour    | 200 million km <sup>2</sup> (40 % of the whole globe surface) | 10 years         |
| Pax Informatica  | Computer networks        | 0.5 billion km/hour | 500 thousand times of the whole globe surface                 | 5 minutes        |

表 2 1988 年までの覇権の移動, [18]からの引用

第二に情報の起源と生命の起源は同じであるという立場から, 情報世界は生物の進化論と同様に進化するという命題を得る. この命題を実世界におくと生物の進化の事実から以下の公理[18]を得る.

公理 3 : 覇権は所有することから利用することに向かって進化する.

この仮説は生物の頭脳と体をパラメータとした L. Laticque の進化論[19]により証明される.

L. Laticque は生物の進化の過程を脳進化の程度(頭化係数)であらわした(図 1).

脳は物理的な機能を所有しない器官である. 必要な機能を必要なときに利用する機能を有する環境変化への適応法を創造する器官である. 生物はこの器官を進化させてきた. 実世界を包

含したサイバー世界においても同様にこの進化は起こると考えられる.

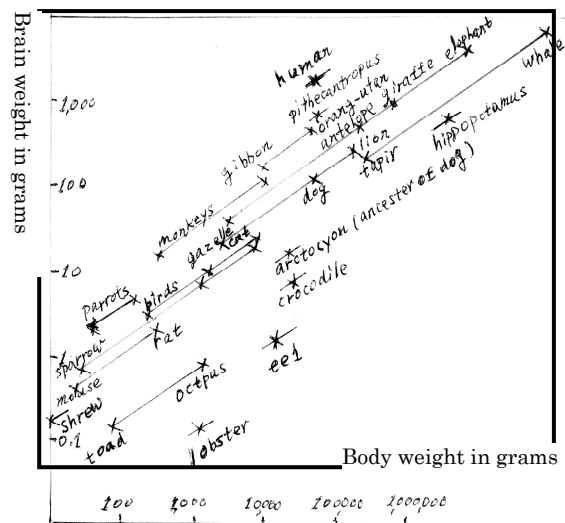


図 1 Laticque の図表 脳の重さと知能 [19]からの引用

世界各地における紛争は共有財の再生産・協働にとって負の要因であるため, 終焉に向かわざるを得ない[18]. また進化の帰結から web 上に蓄積され続けているオープンソースやデジタルデータといった共有財は人類にとって電子世界に出現した人工頭脳の機能を担うことが予測される.

## 4.2 情報慣性

情報慣性[15]とは与えられた情報が影響力を持ち何らかの反応(結果)を出すまでの時間, 言い換えれば, アクション開始からそのアクションの目的達成までの期間と定義する. 例えば文化は情報慣性が大きく, 金融取引は小さいといえる.

これは累進的社会進歩のデータから証明される. 累進的社会進歩とは, 科学→技術→産業→商業→公共財→教育→文化→科学→というサイクルを繰り返して累進的に社会が進歩してきたことを指す. すなわち科学が発明し技術が産業を興し商業が社会に広め, 国富として蓄積し発明成果を教育し人財を作り文化を形成するのである.

## 4.3 予測としての定理

サイバー世界の公理[18]から導かれる未来社会は以下の特質を有している.

光速のコミュニケーション速度を手にした結果公理 1, 2 より

- 1) 社会のデジタル化とネットワーク化が同時に

かつ累進的に進む。

- 2) 人類は抽象化されたサイバー世界を創造する。
- 3) いわゆる覇権はサイバー世界に集中し、そこではデジタルネットワークを基盤とする非線形かつ相互的な権力構造が成立する。

サイバー世界は生物の進化と同様に進化の過程を重ね高度にネットワーク化する結果、公理 3 より

- 4) 排他的独占権である所有の概念はサイバー世界ではその価値を失う。
- 5) サイバー世界はスモールワールド[20]の特性と構造を有する。
- 6) サイバー世界のデジタルネットワーク網自体が人工知能的に自意識や知性をもつようになる[33]。

スモールワールドという概念は S. Milgram [20] が実験により明らかにした社会心理学における概念(図 2)で、D. J. Watts や S. Strogatz らによりグラフの特徴量として定式化がなされたものである[21, 22, 23, 24]。

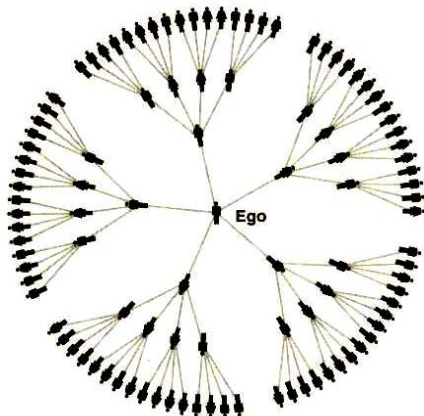


図 2 [21]からの引用

識字率の極めて低い地域(2002 年現在成人の非識字人口は全世界で 8 億 6200 万人(ユネスコ(国連教育科学文化機関)の推計で「2002 年のグローバルモニタリングレポート」による)やネットワーク網の未整備地域、デジタルリテラシーが低い地域を除くほとんどすべての市民は、公理 3 より

- 7) サイバー世界の経由なくして適正水準の生活は享受できなくなる。

電子世界であるサイバー世界ではソースコードがアーキテクチャを形成する。従って

L. Lessig が指摘するようにいわゆるソースコードが実世界の法律として機能し、ソースコードの生成プロセスがサイバー世界を統治するプロセスになる[25]。サイバー世界における覇権の持続期間は 5 分以内であることから、公理 2 より

- 8) オープンソースプロセススタイルがサイバー世界の政治プロセスの原型となる。

## 5. モデル ～オープンソース教育の概念モデル

### 5.1 教育の定義

情報社会の進展に伴い新たな能力が必要となった。我が国では 1997 年情報教育の提言がなされた[27]。情報教育のメディア論的視点の欠如と技術に対する思考停止の問題が指摘された。山内[26]によれば“メディア論的視点とは人々が web/インターネット経由で緊密にコミュニケーションする社会におけるカルチュラルスタディーズの重要性の指摘であり、技術思考の停止は技術事項をパッケージとしてブラックボックス化することにより情報技術を作り出す側と利用する側に分離し、そこに従属関係が生じることの指摘である。”

この問題解決の哲学的的方法論として P. Freire[28, 29], C. Freire[30] が説き、かつ実践している教育論がある。本論文では教育自体が社会システムに影響を受け依存している存在であるという立場から、P. Freire や C. Freire の実践教育哲学の本質である“学習者が立っている点からまわりの世界との関係を築く対話プロセスとその実践を通じて学ぶこと”を教育と定義する。すなわち対話と実践による教育である。この教育方法論は学習者が主体的に学習し自立できることを意図している。教育の目的は“自らが問題を見出し自らの意思と力で問題を解決することができるようになる能力の育成”である。この対話と実践には基礎力としてデジタルリテラシー[26]の習得が不可欠となる。これらリテラシーは実践を通じて習得するのが近道である。

### 5.2 オープンソース教育の定義

5.1 で定義した“対話と実践による教育”の立場から Web/Internet 等の電子コミュニティの中で実践及びコミュニケーションによる情報の交換を通じて相互に学び合うプロセスをオープンソース教育と定義する。一般論で言えば山内[26]が論じている“学びが組み込まれたコミュ

ニティ”であり、学習が社会的実践への参加に埋め込まれていることを明らかにした L. Lave & E. Wenger の“正統的周辺参加” [31]である。この新しい共同体は学びの場と社会的実践の場が出会い生産的な葛藤を経ることにより学びの DNA が埋め込まれた新しい社会的実践コミュニティが生まれ、育つのである [26]。

オープンソース教育の成果物としての教材はデジタル化された情報、すなわちソースコード或いはデジタルデータとなる。その成果物は共有教材としてネットワーク上にリアルタイムで公開される。

5.1 で定義した教育実践とはデジタルリテラシー及びコンピュータサイエンスの知識・スキルをベースとした創造、設計、運用、プログラミング等の協働・共同作業である。公開されている共有教材を利用して、世界中のコミュニティで再実践が行われ、共有教材は共有財として再生産、再分配される。この再生産・再分配の循環プロセスをオープンソース教育と定義する。再生産・再分配のプロセスは peer review [16] を受けることで共有財をより洗練し、発展させると考えられる。また各コミュニティにおける参加者の実践履歴や成果物が他の参加者の学びのための補助教材となる。なお共有財を共有・再生産・再分配する学習者は国境の制約を受けない地球的市民 (global commons) と呼べる。

### 5.3 . オープンソース教育概念モデル

この節では 4 で設定した公理・定理及び 5 で定義した教育の概念、方法論からオープンソース教育の概念モデルを考察する。山内 [26] が論じている“学びが組み込まれたコミュニティ”をモデルの原型とする。様々な実践共同体が多数生まれ、それらが社会に多様に共存する状態を一種の学びと実践の生態系モデルととらえる。水越 [32] はこの状態を“メディア・ビオトープ”と呼んでいる。

モデルの前提条件は次のとおり (公理, 定理, オープンソース教育の定義より)

- 1) オープンソース教育概念モデルはサイバー空間に張られるノード、コミュニティの集合体としてサイバー世界に置かれる。
- 2) オープンソース教育概念モデルはスモールワールド・ネットワークを基礎とする社会ネットワークモデルの特性と構造を有する。
- 3) オープンソース教育概念モデルでは学習者個人が各々複数の web コミュニティに属し、個人間及びコミュニティ間において  $n$  対  $n$  の相互学習関係を有する。

4) オープンソース教育概念モデルでは各ノードは自由にコミュニティに参加・退出でき、各コミュニティは他のコミュニティに対してオープンである。

5) オープンソース教育概念モデルではノードはコミュニティ内外において他のノード間とオープンに実践と対話を通じて学習する。

4.2 で予測としての定理及び 5.2 オープンソース教育の定義から学習者個人をノード、何らかの実践教育を通じて行う協働或いは共同の関係をリンクと定義する。コミュニティはノードの集合であることからクラスターと定義する。コミュニティのコーディネーターや共有財の管理者は明らかに他のノードとは異なり、他の多くのノードとリンクする機能を有している。従って彼らはハブとコネクタと定義する。

スモールワールド・ネットワークにおいて、ハブとコネクタの存在を特徴とするモデルが最近、A. L. Barabási らによって研究されている。それはスケールフリー・ネットワーク [33, 34] である。ランダムネットワークのスモールワールドはノードとリンクの関係性がポアソン分布を示し、スケールフリー・ネットワークはべき乗分布を示すことが知られている。

両者の比較を以下に示す (図 3)。

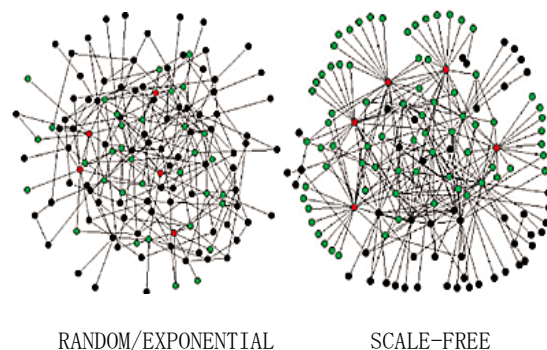


図 3,

Jan Matlis, “Scale-Free Networks,” ComputerWorld 04/11 2002 からの引用

A. L. Barabási らによってインターネットや web はスケールフリー・ネットワークモデル [33] の特性と構造を有することが証明された。従ってサイバー世界に張られるオープンソース教育モデルはスモールワールドネットワークモデルを基礎とする特性と構造を有する。同時にスケールフリー・ネットワークモデルを基礎とする特性と構造を有すると考えられる。

以下に web サイトとインターネットルータに

ついでにスケールフリー・ネットワークモデルのマッピング事例を示す(図 4, 5, 6). これらは実際のデータに基づいてモデル化されていたものである.

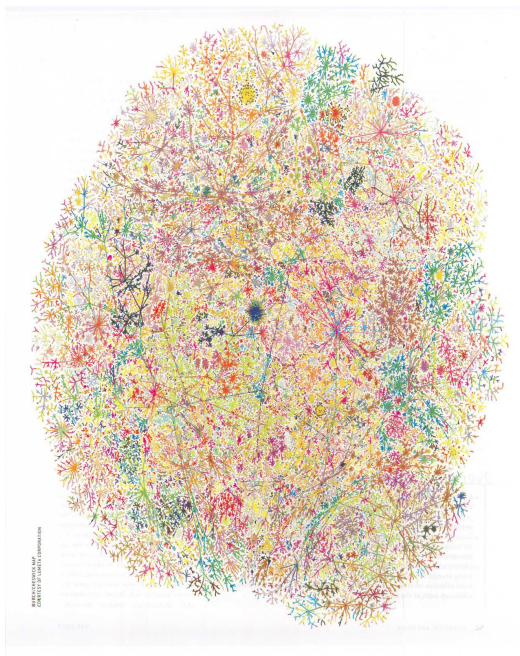


図 4 [34]からの引用

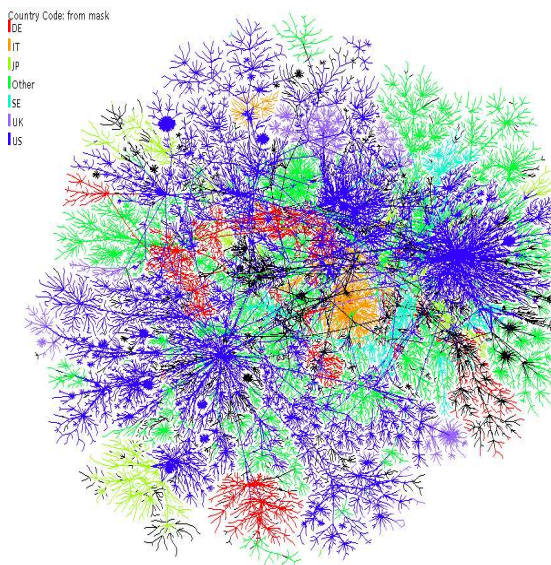


図 5, [www.cs.bell-labs.com/~ches/map/index.html](http://www.cs.bell-labs.com/~ches/map/index.html)からの引用

サイバー世界に張られるオープンソース教育概念モデルはスケールフリー・ネットワークを基礎とした社会ネットワークモデルの特性と構造を有する。

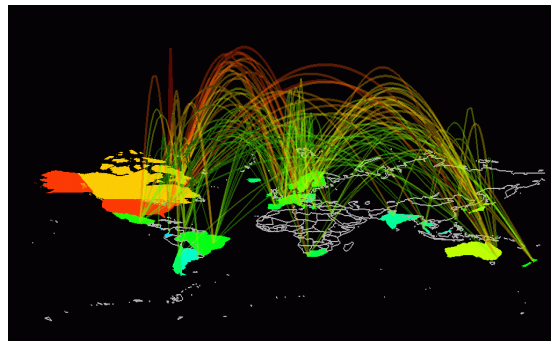


図 6, [www.bell-labs.com/user/eick/index.html](http://www.bell-labs.com/user/eick/index.html)からの引用

スケールフリー・ネットワークにおける拡散モデルの特質として臨界点が存在し、臨界点に達した場合はその変化は指数関数的に増加し、いずれはネットワーク全体に普及する。

## 6. 論証 ～教育モデルの社会的インパクト

S. Weber はオープンソースプロセスに関して分配型の新しい社会の政治、経済プロセスの可能性を論じている[4]。現行の社会システムに立脚した議論であるが、結論としてオープンソースプロセスの成功にはいくつかの特質的条件が満たされる必要があると述べるに留まっている。

オープンソース教育概念モデルの社会的インパクトの本質は社会の変革を導く点にある。スケールフリー・ネットワークモデルでは一定の閾値を超えた場合、ある少数のノードの相の変化がネットワーク全体に短期間で波及する可能性があるとしている。変化を与える主体の学習者個人は生活圏という半径 10~50km 程のエリア内で地勢学上の制約下で生活している。サイバー世界ではこの制約から解放される。従ってデジタル化されたネットワーク社会においてはコミュニケーションとしての教育プロセスが一定の条件を満たし臨界点を超えた時、オープンソースムーブメントとその循環を社会全体へ波及させることが可能となる。対話と実践による教育プロセスにおいて特定の臨界点を満たすことがオープンソース成功のクリティカルな要因である。これは少数の或いは特定地域のコミュニティからスタートさせることにより社会全体へ波及させる可能性を示している。つまりオープンソース教育概念モデルの適用により、1人の学習者から始まる変化の波が全世界に波及することである。

## 7. 事例

概念モデルを実装する想定ツールとして“ウェブコミュニティチャート[35]を紹介する。ウェブコミュニティチャートとはウェブコミュニテ

間の関連度を算出して、関連するウェブコミュニティを渡り歩けるグラフを作成するツールである。グラフに基づいたウェブコミュニティ抽出法を基礎として、ウェブコミュニティの関連を示す有向グラフを導出している。従って膨大なウェブページを関連する話題を通して閲覧可能にし、ウェブページやウェブコミュニティの発展過程の抽出も可能である[36]。

ウェブコミュニティチャートの作成手順の概要を説明する。分類されるべきページをシードページとする。参加する学習対象者及び共有教材のサイトをシードページとして指定する。各シードページ間の関連ページアルゴリズムによる導出関係を表す有向グラフを作成し、さらに対称的な導出関係に着目して対称導出グラフを作成する(図7)。

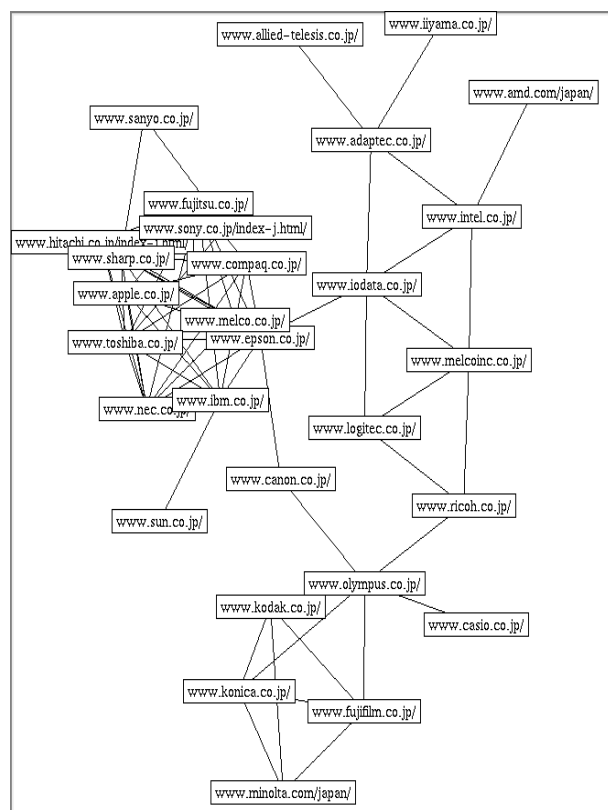


図7 対象導出グラフ [33]からの引用

対称導出グラフの連結成分の粒度を下げるために分割してウェブコミュニティチャートを作成する(図8)。

5で述べたオープンソース教育の概念モデルのツールとして想定するならば、ウェブコミュニティを“学びが組み込まれたコミュニティ”とし、1つのウェブコミュニティが1つの教育テーマを实践する場と設定する。その中に無数の学習者のサイトがリンクされているものとす

る。ウェブコミュニティチャートはコミュニティの状況とコミュニティ間の関連を示すから学習者はこのチャートによって全体における自らのポジションを把握することができると同時に他のサイトの状況や内容を知ることができるため、自立的に他のコミュニティにアクセスすることができる。そこから世界との関係性に立った自立的学習が容易になる。



図8 コミュニティチャート

<http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/~toyoda/>からの引用

## 8. 今後の課題

本論文では問題所在の発見と問題に対するアプローチとしての方法論の提示をおこなった。オープンソース教育の概念モデルは“概念モデル”である。今後実際のデータに基づいたオープンソース教育概念モデルの設計及びモデル化と定式化を行い、教育モデルの閾値と諸条件を研究する予定である。

またオープンソース教育の概念モデルの基礎となるネットワーク科学に教育学、情報科学、物理学、文化人類学、法律学、政治学、経済学、社会学等の様々な学問の学際的領域を統合した理論体系を構築していきたい。

## 9. むすび

本論文ではオープンソース教育は社会の変革の鍵となることを考察した。社会と教育は同じコインの表と裏の関係にある。教育が社会を創る源であり、社会が教育のあり方を定めている。主体的に人生を生きることを是とするなら社会をより良く変革するための教育がまず先決であると強く考える。

## 参考文献

- [1]川崎和哉, “オープンソースワールド” 翔泳社, (1999)
- [2]Chris DiBona ほか編著, 倉骨彰訳, “オープンソースソフトウェア-彼らはいかにしてビジネススタンダードになったのか”, オライリージャパン, (1999)
- [3]Richard M. Stallman, 長尾高弘訳, “フリーソフトウェアと自由な社会- Richard M. Stallman エッセイ集”, pp89-98, pp189-211, pp213-247, pp247-305, アスキー, (2003)
- [4]Steven Weber “THE SUCCESS OF OPEN SOURCE”, Harvard University Press, (2004)
- [5]吉田智子, “オープンソース・ムーブメント”, 教育のプリズム-ノートルダム教育-第3号, (2004)
- [6] Nicholas Negroponte, 福岡洋一訳, “ピーニング・デジタルビットの時代”, アスキー, (1995)
- [7] Gregory Bateson, 佐藤良明訳, “精神の生態学(下)” 4, 5部, 新思索社, (2000)
- [8] A. G. Cairns-Smith, 石川統訳, “生命の起源を解く七つの鍵”, 岩波書店, (1987)
- [9] A. G. Cairns-Smith, 野田春彦ほか訳, “遺伝的乗っ取り-生命の鉱物起源説”, 紀伊国屋書店, (1988)
- [10]George Gamow, Russell Stannard, 青木薫訳, “不思議宇宙のトムキンス”, 白揚社, (2001)
- [11] Ilya Prigogine, 伏見康治ほか訳, “混沌からの秩序”, みすず書房, (1987)
- [12]松岡正剛 “情報の歴史を読む-世界情報文化史講義” NTT 出版 1997
- [13]Tosiyasu L. Kunii, “Invitation to System Sciences -Poetry, Philosophy and Science in Computer Age-”, (in Japanese), Journal of Mathematical Sciences, pp. 54-56(October 1969), Science Publishing Co. Ltd., Tokyo, Japan
- [14]Tosiyasu L. Kunii, “The Philosophy of Synthetic Worlds -Digital Genesis for Communicating Synthetic Worlds and the Real World -, in “Cyberworlds”, T. L. Kunii and A. Luciani (eds.), Springer-Verlag, pp. 5-15, (1998, Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York)
- [15]Tosiyasu L. Kunii, “Rebuilding the Open Society”, Dali(The 3<sup>rd</sup> International Workshop on Digital and Academic liberty of Information, (April, 2003), Aizu-Wakamatsu, Japan
- [16]Tosiyasu L. Kunii, “Practicing Global Openness in Education: From Elementary Schools to Graduate Schools”, dali2001(Digital and Academic Liberty of Information), March 26-29, 2001, Aizu-Wakamatsu, Japan.
- [17]Tosiyasu L. Kunii, “Algebraic Topological Modeling for Cyberworlds Design” *Proceedings of International Conference on Cyberworlds*, (2003)
- [18] Tosiyasu L. Kunii, “The Potentials of Cyberworlds -An Axiomatic Approach-”, *Proceedings of International Conference on Cyberworlds, 18-20 November 2004*, pp. 2-7, Tokyo, Japan, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, U. S. A. (2004)
- [19]P. Chauchard, 八杉竜一ほか訳, “人間の生物学”, 岩波書店, (1959)
- [20]Stanley. Milgram, “The small-world problem”, *Psychology Today*, Vol. 2, pp. 60-67 (1967)
- [21] Duncan. J. Watts, 辻竜平ほか訳, “スモールワールド・ネットワーク-世界を知るための新科学的思考” 阪急コミュニケーション, (2004)
- [22]Duncan. J. Watts and Steven. S. Strogatz, “Collective dynamics of small-world networks” *Nature*, Vol. 393, pp440-442, (1998)
- [23] Duncan. J. Watts, “Networks, Dynamics and The Small World Phenomenon”, *American Journal of Sociology*, Vol. 105, No2, pp493-527, (1999)
- [24] Duncan. J. Watts, “Networks, Dynamics and The Small World Phenomenon”, *American Journal of Sociology*, Vol. 105, No. 2, pp. 50-59 (2003)
- [25]Lawrence Lessig, 山形浩生訳, “CODE-インターネットの合法・違法・プライバシー”, 翔泳社, (2001)
- [26]山内祐平, “デジタル社会のリテラシー「学びのコミュニティをデザインする」”, 岩波書店, (2003)
- [27]情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議, “情報化の進展に対応した教育環境の実現に向けた最終報告”, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/shotou/002/002toushin/980801.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/shotou/002/002toushin/980801.htm)
- [28] Paulo Freire, 小沢有作ほか訳, “被抑圧者の教育学”, 亜紀書房, (1979)
- [29] Paulo Freire, 里見実訳, “希望の教育学” 太郎次郎社, (2001)
- [30] Celestin Freinet, 石川慶子ほか訳, “フランスの現代学校 シリーズ・世界の教育改革 7”, 明治図書, (1979)
- [31]Lave, J & Wenger, E, “Situated learning Legitimate peripheral participation Cambridge”, Cambridge University Press, (1991)
- [32]水越伸, “新版デジタル・メディア社会”, 岩波書店, (2002)
- [33] Albert-László Barabási, 青木薫訳, “新ネットワーク思考-世界のしくみを読み解く”, NHK 出版, (2002)
- [34] Albert-László Barabási and E. Bonabeau, “Scale-Free Network”, *Scientific American*, Vol.288, 50-59, (2003)
- [35]豊田正史, 喜連川優ほか, “ウェブチャート:膨大なウェブページを関連する話題を通して閲覧可能にするツール”, 電子情報通信学会, Vol. J87-D1 No. 2 pp. 256-265 2004年2月
- [36]豊田正史, 喜連川優, “ウェブコミュニティの発展過程抽出手法” 電子情報通信学会データ工学研究会, 2002年5月