

# 知識コミュニティによる持続的価値を有するアーティファクトの構築

東京大学先端科学技術研究センター

株式会社 SRA 先端技術研究所

中小路 久美代

## 1. はじめに

インターネットの普及や情報蓄積、管理、検索技術の発展に伴い、オープンソースソフトウェア開発やオープンコンテンツ構築などに見られる、ネットワークを介して人々が協調的に、アーティファクトを制作、利用する形態が増えつつある。ここでのアーティファクトとは、ソフトウェアや文章などといった、論理的な人工物を指す。

たとえば、Linux や Apache などをはじめとするいくつかのオープンソースソフトウェアシステム (Open Source Software: OSS) プロジェクトは、そのソフトウェアの品質や、保守と発展の開発の勢い、ユーザー数やユーザーグループの活発さなどの側面から、大きな成功を収めているとみなされている。これらの OSS プロジェクトは一般的に、インターネットをベースとして、コミュニティを形成するユーザが、自分たちや自分たちの所属する組織が必要とするソフトウェアを、ボランティアで協調的に開発している<sup>13</sup>。

しかしながら、数多くの OSS プロジェクトをホストしている SourceForge.net などを見ると、実際には多数の OSS プロジェクトが「休止」状態にあることがわかる。このようなプロジェクトの多くが、貢献するユーザの不在、それによって保守や継続的発展がおこなわれないことによる相対的な質の低下、利用者の減少、といった、ネガティブなサイクルに陥ってしまっているように見える。

ネットワークを介して、多数のユーザがオンライン

コミュニティを形成し、協調して知識アーティファクトを構築していくことは、急速に変化する多様な社会において、価値のあるアーティファクトを生成、発展させていくための有効な手段と考えられる。そのようにして作られるアーティファクトは、

「CALVs: Community-Maintained Artifacts of Lasting Value (コミュニティにより保守/発展される、持続的価値を有するアーティファクト)」となる<sup>5</sup>。CALVs を発展的に構築していくためには、持続的なオンラインコミュニティが必要となる。本稿では、このようなコミュニティを知識コミュニティと呼ぶ。

持続的な知識コミュニティを実現するためには、コミュニティに属する個人 (コミュニティメンバー) が、そのコミュニティに属することによる利益 (benefit) を認識できている必要があるとされている<sup>2, 24</sup>。しかしながら、OSS 開発のような知識コミュニティ活動においては、経済的利益効果が見込まれることは稀である。メンバーが知識コミュニティにアーティファクトを貢献することの利益をどう捉えているかは、必ずしも自明ではない。

OSS プロジェクトを対象とした研究では、ソースコードを貢献したり、バグレポートを送ったり、他のユーザの質問に答えたりすること自体に、利益やメリットを必ずしも見出ししている訳ではないことが明らかになりつつある<sup>15</sup>。参加への動機づけが個人的な経験を積むことにあることの報告がある<sup>15</sup>。一方で、個人的なインセンティブを与えられるよりもグループ全体としてのインセンティブを与えられた方がグループへの貢献度が高くなることの報告<sup>16</sup>がある。コミュニティのサイズ<sup>1</sup>やコミュニティの

管理者の介在の有無<sup>4</sup>がコミュニティとしてのパフォーマンスにどう影響を与えるかなどの調査の報告もある。個人的なアーティファクト利用の動機づけと同時に、メンバーが知識コミュニティ内での社会的関係を意識しながら、コミュニティとどのように関わるかを決定していると考えられる。

我々はこれまで、コレクティブクリエイティビティという考え方で、個人の知的創造活動の支援に関する研究をおこなってきた<sup>31</sup>。知の創発と理解の進展を、表現とのインタラクションが「外乱」となり生じる知識の進化として捉え、このような表現とのインタラクションによる創発を、「コレクティブクリエイティビティ (collective creativity)」と呼ぶ<sup>19</sup>。ソフトウェアシステムを、コレクティブクリエイティビティを促進する、表現とのインタラクションをおこなうための道具として捉え、三つの役割の軸を考えてきている(図1)。

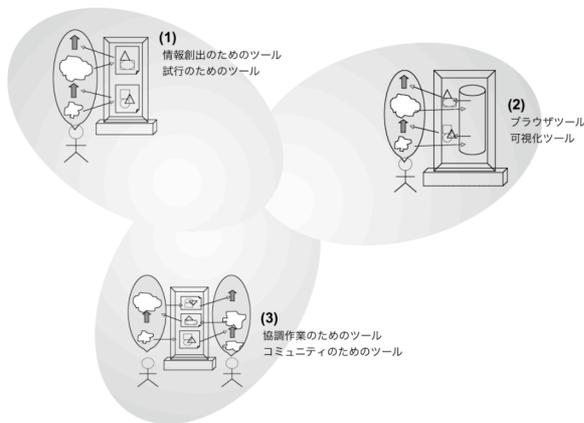


図1: コレクティブクリエイティビティ支援における三つの軸<sup>(31より)</sup>

知識コミュニティによる、持続的価値のあるアーティファクトの創出と発展は、コレクティブクリエイティビティ研究における第三の軸に相当する。個人が外在化した表現(アーティファクト)に対して、他者が応答し、表出した表現が、即時的、あるいは長期的なフィードバックとしてその個人の知識活

動を促したり支援したりするものとなる。この際、これらの個人がひとつのコミュニティのメンバーとして長期的に関わり合うこととなり、他者と個人とアーティファクト間の関係のみでなく、個人間の社会的関係という側面を考慮する必要が生じてくる。ソシオテクニカルなアプローチが必須となると考えられる<sup>29</sup>。

本稿では、知識コミュニティに関わる個人が、生成、発展させるアーティファクトとどのように関わり、コミュニティの発展的形へとつながっていくのかといった視点から、持続的価値のあるアーティファクトを生成する持続的なコミュニティをモデル化する。そして、持続的知識コミュニティのためには、個人、アーティファクト、コミュニティという三種類の要素から構成される知識生態系の発展的進化が必要であることを論じ、そのためのソシオテクニカルなアプローチについて説明をおこなう。

## 2. 知識コミュニティ

図2に、知識コミュニティによる持続的価値のあるアーティファクト構築プロセスの枠組みを示す。

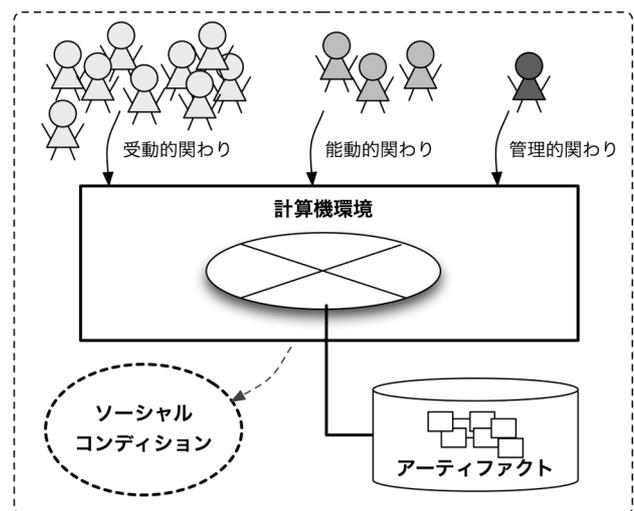


図2: 知識コミュニティによる持続的価値のあるアーティファクト構築の枠組み

中心となるのは、持続的価値のあるアーティファク

トの生成と流通とを可能とする計算機環境である。計算機環境は、ネットワークとレポジトリから構成される。知識コミュニティに関わる人々は、ネットワークを介して協調的にアーティファクトを構築していく。生成されるアーティファクトは、これを管理するレポジトリに蓄積されてゆく。ここでのアーティファクトとは、構築の対象となる人工物（たとえばソースコード）のみでなく、その履歴（たとえばCVS）や、それに関するドキュメントやメーリングリストなどを介したディスカッションといった、明示的に生成、共有されていく情報も含むものとする。

知識コミュニティに関わる人々（メンバーと呼ぶ）には、大きく三種類あると考えられる<sup>22</sup>。

(1) 受動的に関わるメンバーは、アーティファクトをもっぱら利用するのみの人々である (passive engagement)。たとえばOSSプロジェクトの場合であれば、そのソフトウェアを利用したり、ドキュメントを見て利用の仕方を学習するようなユーザーである。

(2) 能動的に関わるメンバーは、アーティファクトの構築や発展に貢献する人々である (active engagement)。OSS開発の場合であれば、ソースコードを書いたり、修正したり、バグを報告したりするユーザーである。プロジェクトのメーリングリストに質問をするユーザー、それに答えるユーザーなども、広い意味でアーティファクトの貢献をおこなうユーザーであると考えられる。

(3) 管理的メンバーは、知識コミュニティプロジェクトそのものを立ち上げ、アーティファクトの交換と共有とを可能にする技術的インフラストラクチャーを可能としているような人々である (power engagement)。

これらのメンバーがどのように持続的価値のあるアーティファクトの生成と発展に関わっていくこ

とができるかは、計算機環境が想定しているソーシャルコンディションによって制約を受ける。匿名のまま能動的メンバーとして関わられるようなプロジェクトもあれば、単に受動的メンバーとして関わる場合であっても（少なくともユーザ名としての）アイデンティティを開示する必要のあるプロジェクトもある。たとえばOSSプロジェクトであれば、コアとなるバージョンのソースコードの書き換えは、一部のメンバーにのみ許されている場合も少なくない。ソースコードのダウンロードや、メーリングリストへの書き込みをおこなう際にも、メンバー登録を要求するプロジェクトもある。一方で、ユーザーが、自由にソースコードのダウンロードをおこなったり、質問をメーリングリストに送信できるようなプロジェクトもある。

図2に示した枠組みを構成する、計算機環境、メンバーの関わり方、規定されるソーシャルコンディション、という三つの要素は、相互に依存する関係にあると考えられる。

ソーシャルコンディションは、管理的メンバーが、基盤となっている計算機環境をどのように構成、デザインするかによって決まってくる。ソーシャルコンディションによって、メンバーの関わり方が制約を受ける。たとえば上述したように、受動的から能動的な関わり方へと関わり方の変化のしやすさは、管理的メンバーが設定し計算機環境に実装している、メンバーシップや承認の有無といった機構によって、決められてくる。他方、管理的メンバーは、他のメンバーからのフィードバックや、メンバー数の増減などによって、そのソーシャルコンディションを変化させてゆく必要を認識する場合が多々ある。コミュニティメンバーからの貢献が見られないことは、多くの場合管理的メンバーにとっては問題となり、より多くの受動的メンバーや能動的メンバーの関わりを促すために、想定しているソーシャルコンディションの見直しをおこなうことになる。知識コミュニティのコアとなる管理的メンバーが、他のメンバーたちの関わり方を、その知識コミュニテ

ィをホストする計算機環境を介してガイドすると共に、メンバーたちが実際にどうその知識コミュニティと関わっていくかによって、管理的メンバーが想定しているソーシャルコンディションを見直すことになる。コミュニティメンバーが、関わり方を、受動的から能動的へと発展させ、管理的メンバーとなるような場合もある<sup>20</sup>。

### 3. 知識生態系の観点からの持続的知識コミュニティ

知識コミュニティは、メンバーが関わることによって、アーティファクトが生成、発展していくことを想定している。持続的価値のあるアーティファクトとは、それを利用する社会や環境の変化に対応して、発展していくようなものでなければならない。たとえば、OSS プロジェクトであればオペレーティングシステムのバージョンアップに対応するアプリケーションシステムの構築、オープンコンテンツプロジェクトであれば、新たな流行語に対応する辞書の更新、といった形で、アーティファクトの更新がおこなわれる。

このような発展的なアーティファクトの構築を可能とするためには、アーティファクトの規模やサイズの保持のみでなく、全体としての整合性や一貫性を保持しながら、必要に応じて古いものを置き換えたり修正を施したり、場合によっては大きな構造を変化させたりしながら、新たなものを追加してゆく必要がある。このようなアーティファクトの発展は、それを貢献しそれに関わるメンバーの知識の増加やスキルの向上によって可能となる。個々のメンバーの知識の増加やスキルの向上は、彼らが構成している知識コミュニティそのものの発展ともなる。

したがって、持続的価値のあるアーティファクトを可能とするためには、アーティファクト、個人、コミュニティ、という三つの側面の各々で、進化的な発展が必要となると考えることができる(図3)。

我々はこれを、知識の生態系と呼ぶ。このような生態系での発展プロセスは、生物の代謝のプロセスとのアナロジーとみなすことができると考えている。

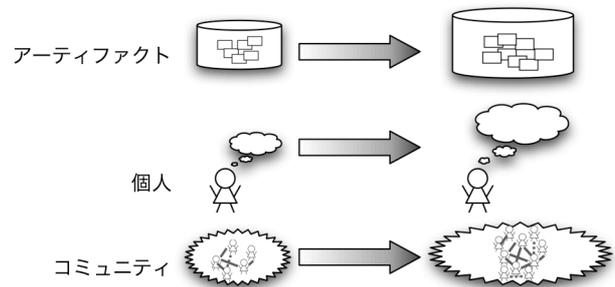


図3: 知識生態系の三つの要素

これら三つの要素は、相互に依存するものである。

個々のアーティファクトの進化は、個々のメンバーの貢献によって可能となる。個々のメンバーの貢献は、個々のメンバーの知識の増加やスキルの向上へとつながる。アーティファクトが進化し、質が向上することによって、新たなメンバーが加わったり、コミュニティの結束が高まったりすると考えられる。

たとえばOSS プロジェクトであれば、あるメンバーが新たなオブジェクトのソースコードを実装し、貢献する。別のメンバーがそれを利用し、バグを発見し、レポートする。別のメンバーがそれを修正する。個々のメンバーにとっては、それぞれの体験や他のメンバーの貢献の結果を見ることが、学習の機会となる。また、バグレポートやドキュメントのやりとりにより、メンバー間の社会的関係の発展にもつながる。新たなオブジェクトの追加による機能の向上により、新たなメンバーがOSS プロジェクトのユーザとして加わる。

すなわち、個々のメンバーが、アーティファクト、他のメンバー、コミュニティ、のそれぞれと関わることによって、知識生態系における代謝のプロセスを促進する要因となっていると考えることができる(図4)。第一に、個人とアーティファクトとの関

係の変化による、アーティファクトの発展がある。第二に、個人と他のメンバーとの関係の変化による、コミュニティ内の社会的関係の発展がある。第三に、個人とコミュニティとの関係の変化による、コミュニティ構造の発展がある。

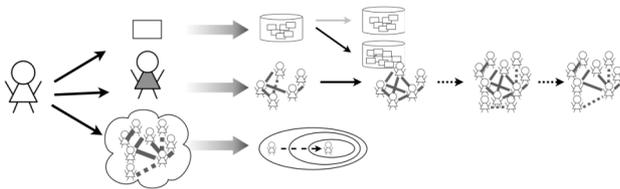


図 4: 知識生態系における代謝と知識コミュニティの発展

このような知識コミュニティの進化と発展に関わる三つの側面を考慮することで、持続的価値のあるアーティファクトの構築の支援の方向性を考えることができる。

#### 4. 持続的知識コミュニティ支援へ向けて

本章では、図 4 に説明した三つの側面から、知識コミュニティの進化と発展の支援へ向けて適用が可能と考えられる既存のアプローチについて説明する。

##### 4.1 個人とアーティファクトとの関係

個人がどのように知識アーティファクトと関わるかは、その個人が有する知識や専門性、経験が関わってくる。個人とアーティファクトの関係によって、たとえば、あるアーティファクトについてはどのメンバーがよく知っているか、といった情報を得ることができる。

個々人とアーティファクトの関係を同定し、ユーザに提示する手法は、ソーシャルナビゲーションシステムや know-who 課題として研究されてきている。

たとえば、ソフトウェア開発のドメインを例にとると、ソースコード内の個々のパーツと、それに関連してきた過去および現在の開発者とを結びつけるアプローチ<sup>6, 10</sup>や、あるソフトウェアオブジェクトの専門家を同定する Expert Browser<sup>17</sup>などがある。ソースコードの時間的進化による開発者の変遷と、個々の開発者の視点からソースコードのどの部分に関わってきたかの双方の視点から、個々人とソースコードとの関わりをみてとれるようなシステムも開発されつつある<sup>12</sup>。

##### 4.2 個人と他のメンバーとの関係

個人が、どのように他のメンバーと関わるかは、アーティファクトやそのコミュニティに関してコミュニケーションをおこなう際に、誰に聞くか、誰に答えるか、という、個人間の社会的関係に関わってくる。コミュニティ内でメンバーが協調して構築の対象となる人工物を構築していく際には、メンバー間のコミュニケーションが不可欠となる。そのような人工物には、意図や背景など、明示的に表されていない、暗黙的な知識が埋まっており、それらの知識は個々のメンバーによって、不均衡に保持されているためである<sup>7</sup>。これを補うために、知識コミュニティの多くで、メーリングリストなどのコミュニケーションの手段が提供されている。これらのコミュニケーションの結果は、アーティファクトとしてしばしばアーカイブされているが、知識コミュニティは継続的に進化し、メンバー間でのコミュニケーションも恒常的に必要となる。

個人間の社会的関係は、ソーシャルナビゲーションという分野において研究が進められてきている<sup>14</sup>。ソーシャルナビゲーションシステムでは、ユーザ間の社会的関係を、それまでの作業履歴やコミュニケーションの履歴から同定し、誰とどのように関わるべきかの意思決定のプロセスを支援する。相手の専門性や、関わり方、忙しさなどを提示することによって、ソーシャルアウェアネス<sup>26</sup>と呼ばれるコンテキストの共有をおこない、より円滑なコミュニケー

ションが可能となることを目指すものである。

コミュニティ内の誰に質問をするべきか、は、前節で説明した個人とアーティファクトの関わりの情報と、上記のソーシャルナビゲーションの機構を利用することによって、支援することが可能である。一方で、質問された方に、答えることを促すメカニズムや、誰にどのように優先的に答えるべきかをサポートするアプローチは、まだあまり研究されていない<sup>21</sup>。

### 4.3 個人とコミュニティとの関わり

個人と知識コミュニティとの関係は、そのコミュニティにおいてその個人がどのような役割を果たすかに関わる。受動的メンバーとして関わるのか、能動的メンバーとして関わるのか、あるいは、コミュニティ内の中心的役割を果たしていくようにするのか、周辺の位置に留まろうとするのか、といった意図や目的が、個人のコミュニティとの関わり方を規定していくことになる。

より能動的に関わり、よりコミュニティの中心的役割を果たそうとする際には、コミュニティ内での信頼や、社会的評価を上げる、といったことが必要となる。Wenger は、このような、個人のコミュニティ内での役割の変化を、legitimate peripheral participation(正当的周辺参加)として説明している<sup>28</sup>。Legitimate peripheral participation では、新規にコミュニティに加わるメンバーは、コミュニティの周辺の位置から、自分と同じレイヤーもしくは少しだけ内部にいるようなメンバーの行為を見ながら、どのように振る舞うべきかを判断し、次第にコミュニティのコア(中心)メンバーへと変化するとされている。このようにしてコア部分を構成するメンバーが変化することによって、コミュニティが進化することになる<sup>28</sup>。

個人とコミュニティとの関わりを分析したり可視化したりするアプローチは、Usenet のニュースグ

ループ分析や、コミュニティの選択支援などにおいておこなわれはじめている<sup>9, 27</sup>。これらの技術を、個々のメンバーが、知識コミュニティ内での役割を認識し、その関わり方を決める際の支援へと適用し、発展させていくことは可能であろうと考えられる。

## 5. ソシオテクニカルなアプローチ

我々は、持続的な知識コミュニティを目的として、個人と他のメンバーとの関わりに着目し、ソシオテクニカルなアプローチをとり研究をおこなってきた。本章では、作業履歴を利用したソーシャルキャピタル提示の考え方と、コミュニティにかかるソーシャルコストの低減を目的としたダイナミックコミュニティ利用のアプローチについて概説する。

### 5.1 作業履歴を利用したソーシャルキャピタルの提示

前章で述べたように、メンバー間のコミュニケーションにおいて、答える側を支援する研究はこれまでまだあまりおこなわれてきていない。答える際には時間と労力というコストが必要とされる。そのようなコストをかけて知識コミュニティ内で質問してきたメンバーに答えるべきか否かを考える際の支援として、ソーシャルキャピタルの考え方を取り入れることができると考えている<sup>8</sup>。

コミュニティ活動におけるコミュニケーションを促すソーシャルキャピタルとは、個人やグループが有する人間関係のネットワークに内包されていたりそこから見てとることのできる、現実的もしくは潜在的な資源の総和とされるものである<sup>18</sup>。組織においては、財政資源や知的資源と同様に、協調作業を促しやりとりのコストの低減につながる貴重な資源の一種として考えられている<sup>11</sup>。ソーシャルキャピタルの考え方において、助けてあげる、助けてもらう、といった個人間の「貸し借り」を、義務感

(obligation)と期待感(expectation)とで説明することができる<sup>18</sup>。AがBを助けると、AはBに対して期待感を、BはAに対して義務感をもつとみなすことができる<sup>3</sup>。義務感や期待感は、現在の状態のみから生まれるものでなく、過去のやりとりによって構築されてゆく<sup>25</sup>。

このような、長期に渡る過去のやりとりや作業履歴の変遷を提示することで、メンバーが、他のメンバーとの関係をソーシャルキャピタルの側面から捉え、関わり方を決定することが可能となると考えられる<sup>23</sup>。たとえば、メーリングリストにおけるメールのやりとりのアーカイブを、ある個人ユーザの視点から時間的、社会的関係により解析し、提示することで、期待感や義務感を感じとれると考えている<sup>22</sup>。

## 5.2 ダイナミックコミュニティ

知識コミュニティといったネットワークを介したやりとりを行う際には、コミュニケーションをおこなった二者間のやりとりのみでなく、そのやりとりを見ている他のメンバーが存在する。その結果、質問をする、答える、という一対一のやりとりが、それに関わる個人の、社会的信頼度や社会的評判を上げたり下げたりすることにもつながる。質問に答えることは、時間と労力のコストがかかる、と上述したが、答えない、こと自体が、コストとなる場合もあり得ることとなる。また、ソーシャルアウェアネスなどのアプローチで推奨されるコンテキストの共有にも、アテンションコストと呼ばれるコストが発生する。できるだけ大勢に助けを求める方が良い答えを得られる確率が上がると考えられる一方で、助けを求められた方の義務感が希薄になる、答える気のない大勢のメンバーのアテンションを奪ってしまう、といった負の影響も考えられる。

STeP\_IN (Socio-Technical Platform for In situ Networking)では、ある知識コミュニティのメンバーが、あるトピックについて質問をする際に、「ダ

イナミックコミュニティ (DynC: Dynamic Community)」と呼ぶ一時的なメーリングリストを自動生成し、そのようなコストの低減を目指している<sup>30, 32</sup>。各メンバーには、テクニカルなプロフィール（どのようなトピックについて知識や専門性が高いか）とソーシャルなプロフィール（誰といつどのようなやりとりをしてきているか）とが関連づけられている。DynCは、まずあるトピックについての専門家をテクニカルプロフィールを利用して同定し、次にその中から、質問者と良好な社会的関係にある専門家をソーシャルプロフィールを利用して選定することによって形成される。DynCでは、質問者は開示されているものの、それに答える可能性のある専門家として選定されたメンバーが誰であるかは、開示されていない。それによって、答えないコストを下げるができる。また、答えた際には、そのアイデンティティがDynCに選定されているメンバーには開示され、やりとりがアーカイブされて公開されることで、社会的信頼や評判の構築がおこなえる。答える可能性の少ないメンバーにはメールが届かないことで、全体としてのアテンションコストの軽減にもつながると考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、知識コミュニティによる持続的価値のあるアーティファクトの創出と発展を促すためには、アーティファクトの進化のみに着目するのではなく、それを創出する個々人の進化（学習）と、個々人が関わるコミュニティの進化との、三者に着目する必要があると述べた。それらの進化は、個々人の、アーティファクトとの関わり、他のメンバーとの関わり、コミュニティとの関わり、という三つの側面から捉えることで、ソシオテクニカルなアプローチによる支援が可能であると考えている。

既存のヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)分野や、CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)分野、オンラインコミュニティ研究といった分野では、個々人とアーティファクト

との関わり,あるいは個人とグループやコミュニティとの関わり,のいずれかに着目したものであった. 持続的な価値を有する知識をコミュニティによって構築していくためには,この双方を融合し,個人,アーティファクト,コミュニティという三者の関係を,有機的に捉えていく必要があると考えている. このようなソシオテクニカルなアプローチは,これからの情報技術をより発展させていく駆動力となるであろう.

## 謝辞

本論で説明した取り組みは,葉雲文,山本恭裕両氏との議論に負うところが大きい.ここに謝辞を表す.本研究の一部は,文部科学省科学研究費萌芽研究 17650038,2005のもとに実施されたものである.

## 参考文献

- Butler, B.S., Membership Size, Communication Activity, and Sustainability: A Resource-Based Model of Online Social Structures, *Information Systems Research*, v. 12 n. 4, p. 346-362, December 2001.
- Butler, B., Sproull, L., Kiesler, S., Kraut, R. . Community effort in online groups: Who does the work and why? In *Leadership at a distance*, Weisband, S., Atwater, L. (Eds.), Laurence Erlbaum, 2005 (forthcoming).
- Coleman, J.S., Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, 94: pp. S95-S120, 1998.
- Cosley, D., Frankowski, D., Kiesler, S., Terveen, L., Riedl, J., How Oversight Improves Member-Maintained Communities, *Proceedings of CHI 2005*, pp.11-20, ACM Press, 2005.
- Cosley, D., Frankowski, D., Terveen, L., Riedl, J., Using Intelligent Task Routing and Contribution Review to Help Communities Build Artifacts of Lasting Value, *Proc. CHI06*, ACM Press, pp. 1037-1046, 2006.
- de Souza, C., Froehlich, J., Dourish, P., Seeking the Source: Software Source Code as a Social and Technical Artifact, *Proc. GROUP05*, ACM Press, New York, pp. 197-206, 2005.
- Fischer, G., Symmetry of Ignorance, Social Creativity, and Meta-Design, *Knowledge-Based Systems Journal*, Elsevier Science B.V., Oxford, UK, Vol. 13, No. 7-8, pp. 527-537, 2000.
- Fischer, G., Scharff, E., Ye, Y., Fostering Social Creativity by Increasing Social Capital, in *Social Capital*, M. Huysman and V. Wulf, Eds., 2004, pp. 355-399.
- Fisher, D., Understanding Communication Using Social Networks. *IEEE Internet Computing*, September/October, 2005.
- Froehlich, J., Dourish, P., Unifying Artifacts and Activities in a Visual Tool for Distributed Software Development Teams. *ICSE' 04*. IEEE Computer Society, 387-396, 2004.
- Fukuyama, F., Social Capital and Civil Society, presented at IMF Conference on Second Generation Reforms, Washington, DC, 1999.
- Gilbert, E., Karahalios, K., LifeSource: Two CVS visualizations. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, pp. 791-796, 2006.
- Hippel, E.v., von Krogh, G.v., Open Source Software and the "Private-Collective" Innovation Model: Issues for Organization Science, *Organization Science*, Vol.14, No.2, pp.209-223, March-April, 2003.
- Hook, K., Benyon, D., Munro, A.J. (Eds.), *Designing Information Spaces: The Social Navigation Approach*, Springer, 2003.
- Lakhani., K.R., Hippel, E.v. , How open source software works free user-to-user assistance. *Research Policy*, Special Issue on Open Source Software Development, 32, pp. 923-943, 2003.
- Ling, K., Beenen, G., Ludford, P., Wang, X., Chang, K., Cosley, D., Frankowski, D., Terveen, L., Rashid, A. M., Resnick, P., and Kraut, R. Using social psychology to motivate contributions to online communities. *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol.10, No.4, 2005.
- Mockus, A., Herbsleb, J. D., Expertise Browser: A Quantitative Approach to Identifying Expertise, *Proceedings ICSE' 02*, ACM Press, pp. 503-512, 2002.
- Nahapiet, J., Ghoshal, S., Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. *Academy of Management Review*, 23, pp. 242-266, 1998.
- Nakakoji, K., Ohira, M., Yamamoto, Y., Computational Support for Collective Creativity, *Knowledge-Based Systems Journal*, Elsevier Science, Vol. 13, No. 7-8, pp. 451-458, December, 2000.
- Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Nishinaka, Y., Kishida, K., Ye, Y., Evolution Patterns of Open-Source Software Systems and Communities, *Proc. IWPSE2002*, ACM Press, Orlando, FL, pp. 76-85, May, 2002.
- Nakakoji, K., Humane Requirements for Enabling and Nurturing Collective Creativity, *Proceedings of the HCI International Conference (HCII)*, Las Vegas, CD-ROM, July 2005.
- Nakakoji, K. Yamada, K., Giaccardi, E., Understanding the Nature of Collaboration in

- Open-Source Software Development, Proceedings of Asia-Pacific Software Engineering Conference, IEEE Computer Society, Taipei, Taiwan, pp.827-834, December, 2005.
23. Nakakoji, K., Supporting Software Development as Collective Creative Knowledge Work, Proceedings of the Second International Workshop on Supporting Knowledge Collaboration in Software Development (KCSE2006), Ye, Y., Ohira, M., (Eds.), NII, Tokyo, pp.1-8, September, 2006.
  24. Preece, J and Krichmar, D. M. Online communities. Jacko, J. and Sears, A. (Eds.) The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, pp.596-620, Lawrence-Erlbaum, 2003.
  25. Resnick, P., Beyond Bowling Together: Sociotechnical Capital. in HCI in the New Millennium, Carroll, J. M. (Ed.), pp. 247-272, 2002.
  26. Storey, M-A. D., Cubranic, D., German, D.M., On the Use of Visualization to Support Awareness of Human Activities in Software Development: A Survey and a Framework, Proc. SoftVis' 05, ACM Press, pp. 193-202, 2005.
  27. Viegas, F., Smith, M., Newsgroup Crowds and Authorlines: Visualizing the Activity of Individuals in Conversational Cyberspaces, HICSS-37, Hawaii, January 2004.
  28. Wenger, E., Communities of Practice - Learning, Meaning, and Identity. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.
  29. Ye, Y., Socio-Technical Support for Knowledge Collaboration in Software Development Tools, INTERACT 2005, Workshop on Integrating Software Engineering and Usability Engineering, Rome, Italy, pp. 39-51. Sep. 2005
  30. Ye, Y. Yamamoto, Y., Nakakoji, K., Helping Programmers through In situ Networking of Peer Expertise, Proceedings of International Conference on Software Engineering (ICSE) 2007, ACM Press, Minneapolis, MN, 2007 (submitted).
  31. 中小路久美代, 山本恭裕, 創発のためのソフトウェア, 知性の創発と起源 (鈴木宏昭編), 「知の科学」シリーズ, 5章, pp.111-131, オーム社, July 2006.
  32. 葉雲文, 山本恭裕, 西中芳幸, 浅田充弘, 再利用ライブラリの利用と習得を支援するダイナミックコミュニティ環境, ソフトウェアシンポジウム 2006, ソフトウェア技術者協会, 2006.