

持続的知識共創のためのソシオテクニカルなフレームワーク

中小路久美代^{†‡} 葉雲文^{‡‡} 山本恭裕[†]

[†] 東京大学先端科学技術研究センター 〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

[‡] 株式会社先端技術研究所 〒160-0004 東京都新宿区四谷 3-12

[‡] Dept. of Computer Science, University of Colorado, Boulder, PO Box 430, Boulder, Co. 80309, USA

E-mail: kumiyo@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp, yunwen@colorado.edu, yxy@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp

あらまし 知識共創活動が持続的におこなわれるためには、それに関わるものの価値を、個々人が、長期的な視点で見出せる必要がある。本論では、知識共創を、アーティファクト、それに関わる個々人、それらの人々が構成する知識コミュニティ、という三つの要素が発展することによるナレッジエコロジーとみなすモデルを説明する。モデルに基づき、モチベーションや義務感と期待感などといった社会的要因に着目し、知識や情報を提供する側と享受する側の双方がメリットを感じながら有機的に知識協調を続けていくための、ソシオテクニカルな枠組み STeP_IN (Socio-Technical Platform for In situ Networking) を提案する。ソフトウェア開発を適用ドメイン例として枠組みを具現化したプロトタイプシステム STeP_IN_Java を説明する。

キーワード 持続的知識共創, ソーシャルキャピタル, ソシオテクニカルアプローチ, ナレッジエコロジー

A Socio-Technical Framework for Sustainable Collective Knowledge Collaboration

Kumiyo NAKAKOJI^{†‡} Yunwen YE^{‡‡} Yasuhiro YAMAMOTO[†]

[†] RCAST, University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro, Tokyo, 153-8904, Japan

[‡] SRA Key Technology Laboratory Inc., 3-12 Yotsuya, Shinjyuku, Tokyo, 160-0004, Japan

[‡] Dept. of Computer Science, University of Colorado, Boulder, PO Box 430, Boulder, Co. 80309, USA

E-mail: kumiyo@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp, yunwen@colorado.edu, yxy@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp

Abstract For collective knowledge collaboration to become sustainable activities over time, each participant has to be able to recognize the benefits of participation in collaboration from a long-term perspective. This paper proposes a socio-technical framework that aims to sustain the long-term success of collective knowledge collaboration through enabling not only the beneficiaries but also the providers in knowledge collaboration to recognize the merits of collaboration. The framework takes into consideration social factors such as motivation as well as obligation and expectation. A prototype system STeP_IN_Java that instantiates the proposed framework in the domain of supporting software developer communities is presented.

Keyword Sustainable Collective Knowledge Collaboration, Social Capital, Socio-Technical Approach, STeP_IN, Knowledge Ecology

1. はじめに

多数のユーザが、ネットワークを介して情報の蓄積と交換をおこなうながらひとつの「アーティファクト」を構築していくという、情報構築の形態が増加しつつある。CALVs (Community-maintained Artifacts of Lasting Values) [Cosley et al. 2006]とも呼ばれるこのようなアーティファクトは、急速に変化する多様な社会において、価値のある複雑なアーティファクトを生成、流通、発展させていくための一つの有効な手段であると捉えられてきている。Linux や Apache などのオー

ブンソースソフトウェア(OSS: Open-Source Software) や、Wikipedia などのオープンコンテンツ、また、renga などのネットアートと呼ばれる作品は、CALVs の一例である。

CALVs による知識アーティファクトの構築は、ユビキタスネットワーク社会における知識共創のひとつの形態であるとわれわれは考えている。CALVs による知識共創においては、個人が外在化した表現(知識アーティファクト)を、他者が利用し、それに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

クとしてももとの個人の知識活動を促したり支援したりすることとなる。本稿では、そのようにして構築されるアーティファクトを知識アーティファクトと呼び、それを利用、構築、発展させてゆく人々のグループを知識コミュニティと呼ぶものとする。

価値のある知識アーティファクトは、それを利用する社会や環境の変化に対応して、発展し続けていくようなものでなければならない。そのためには、持続的（サステナブル）な知識共創、すなわち、コミュニティメンバーが持続的に知識アーティファクトを貢献、発展、利用していくことが必要となる。そのためには、各コミュニティメンバーが、そのコミュニティと「関わる」ことによる利益(benefit)とそれにかかるコストとを認識できる必要があるとされている[Butler et al. 2005][Preece, Krichmar 2003]。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ている訳ではないことが明らかになりつつある[Lakhani, Hippel 2003]。参加することへの動機づけは、個人的な経験を積むことにある、とする報告がある[Lakhani, Hippel 2003]。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場合の方が、グループへの貢献度が高くなることの報告[Ling, et al. 2005]がある。コミュニティのサイズ[Butler, 2001]やコミュニティの管理者の介在の有無[Cosley et al. 2005]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。これらの報告は、個人(コミュニティメンバ)、知識アーティファクト、およびコミュニティという三つの要素が複雑に関わり合いながら、知識コミュニティが維持されていくということを示唆するものである。

2. ナレッジエコロジーによる持続的知識共創

我々のアプローチは、知識コミュニティによる持続的知識共創を、個人、知識アーティファクト、コミュニティ、という三つの要素による知識の生態系(ナレッジエコロジー)として捉えることにより、持続的知識共創のための支援基盤を構築しようとするものである[Nakakoji 2006]。知識アーティファクトのみでなく、それに関わる個々人の有する知識やスキル、および知識コミュニティそのもの、という三つの要素のそれぞれの進化的発展が、有機的に関わり合いながら、知識共創が持続されると考えている(図 1)。

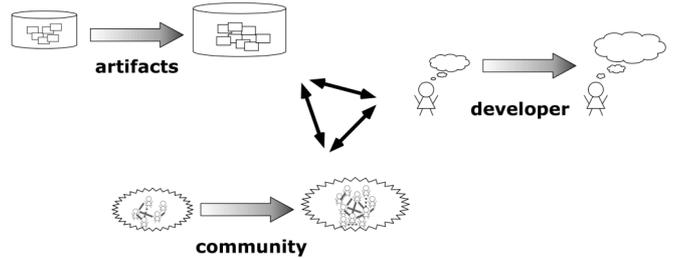


図 1: 持続的知識コミュニティを可能とするナレッジエコロジーを構成する三つの要素

このような生態系での進化プロセスは、生物の代謝のプロセスとのアナロジーで考えることができる。知識アーティファクトを持続的に発展させていくためには、そ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、必要に応じて古い部分を置き換えたりそれに修正を施したり、場合によっては大きな部分の構造を変化させたりしながら、新たな部分を追加してゆく必要がある。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。それによって、彼らが構成している知識コミュニティにおいてより中心的な役割を果たすことになり、コミュニティそのものの発展につながる。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、コミュニティの結末が高まったりもする。

我々は、このようなナレッジエコロジーにおける代謝のプロセスは、メンバーのひとりひとりが、(1)知識アーティファクト、(2)知識コミュニティの他のメンバ、(3)知識コミュニティそのもの、という三つの側面で、それぞれどのように関わっていくかによって、促されるものとして捉えている(図 2)[Nakakoji et al. 2006]。

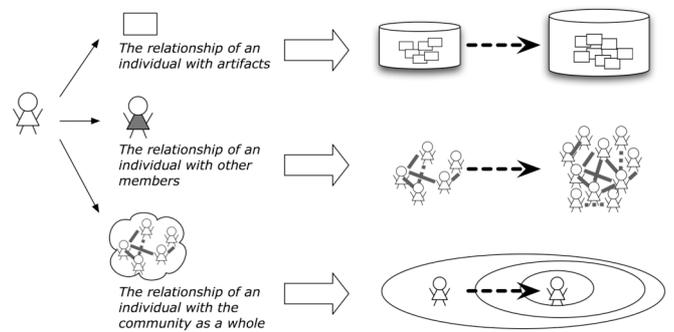


図 2: ナレッジエコロジーにおける代謝を促す三つの側面

第一に、個人がある知識アーティファクトを利用し

たり、それにコメントしたり、修正したり、また新たなアーティファクトを貢献することで、知識アーティファクトの発展へとつながる。第二に、個人がどのメンバーと関わるか、たとえば質問をしたり、質問に答えたり、という関係を構築していくことで、知識コミュニティ内のメンバー間の社会的関係が変化する。第三に、個人が、自分と知識コミュニティとの関係をどう捉え、どのようになりたいと考えているかによって、その個人がコミュニティにおいて占める役割が変化する。第二と第三の側面により、知識コミュニティの発展へとつながる。個人の知識やスキルの獲得は、これらのプロセス全般を通じた結果として生じる。

3. STeP_IN: ソシオテクニカルなアプローチによる支援の枠組み

我々の研究は、上述の三つの側面それぞれを支援することによって、持続的知識共創の支援をおこなおうとするものである。本節では、そのために我々が構築してきている、ソシオテクニカルなアプローチ STeP_IN (Socio Technical Platform for In situ Networking)を説明する。

3.1 STeP_In 概要

STeP_IN は、知識コミュニティによる持続的な知識共創活動を、ソシオテクニカルに支援するための枠組みである[葉, 山本 2006][Ye et al. 2007a]。STeP_IN では、個々人の知識アーティファクトへのアクセスと、他のメンバーとの関わり方およびコミュニティ内での振る舞いの決定を、有機的に支援することを目指している。

STeP_IN においては、メンバーと、知識アーティファクトから成るナレッジワークスペースを、支援の基盤として利用する。ナレッジワークスペースは、知識アーティファクト、知識コミュニティに属するメンバー、および次の三つの関係から成るネットワークである：(1)*a-a relation*: 知識アーティファクト間の関係（どれを参照しているか、どれと依存関係があるか、など）、(2)*p-a relation*: 各メンバーと知識アーティファクト間の関係（何を貢献したか、何を使ったか、誰に作られたか、など）、(3)*p-p relation*: 各メンバー間の関係（誰と情報交換をしたか、誰に助けてもらったか、など）。

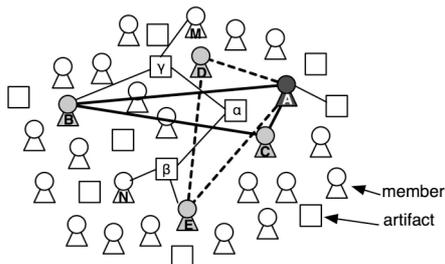


図 3: ナレッジワークスペース

これら三つの関係を利用することによって、STeP_IN では、個々人の、知識アーティファクトの利用、他のメンバーおよび知識コミュニティとの関わり、を支援する。

ある個人がある知識アーティファクトを利用する際には、*a-a relation*(知識アーティファクト間の関係)を利用して、それに関連する知識アーティファクトを検索、提示する。そのアーティファクトについて、他のメンバーから知識を得たい際には、STeP_IN は、*p-a relation*(各メンバーと知識アーティファクト間の関係)を用いて、関連するメンバーを同定した後、*p-p relation*(メンバー間の関係)を用いて、その個人と社会的に「良好」な関係のあるメンバーを選別し、それらのメンバーから構成される、「ダイナミックコミュニティ(DynC: Dynamic Community)」と呼ぶ匿名のメーリングリストを形成する[葉 et al. 2004]。DynC とは、質問者とトピックごとに形成される、ephemeral (短命)な知識ネットワークである。

個人は、形成された DynC に対して質問を投稿する。DynC に選別されたメンバーは、質問者からの質問をメールで受けとることになる。DynC に対して回答すると、自らのアイデンティティが明らかとなり、DynC のメンバーには誰が誰に回答しているかが明らかとなる。質問者が DynC を介して回答を受けとり、コミュニケーションが有益であったと判断すればそのように評点をつけた後、DynC を終了すると、DynC は消滅する。メールを受けとったものの回答しない場合は、DynC のメンバーとして選別されたことは明らかにされないまま、質問をやり過ごすことができる。

3.2 STeP_In における social-aware なコミュニケーション

DynC のメカニズムは、個々人の、他のメンバーとの関わり方およびコミュニティ内での振る舞いの決定を支援するために構築された、social-aware なコミュニケーションのためのメカニズムである[Pentland, 2005]。

知識共創プロセスにおいて、個人が他のメンバーと関わるということの多くは、個人が、ある知識アーティファクトに関して質問者となり、(回答してくれるであろう)回答者に対して質問をおこない回答者が回答をおこなうプロセスである。

このプロセスにおいては、質問者、回答者、双方に、社会的関係要因が関わってくる。すなわち、質問者は、そのアーティファクトに関しては誰に質問をするべきか、どのように尋ねるべきか、今質問しても相手の迷惑にならないか[Herbsleb, Mockus, 2003]、今質問することで即答してもらえるか、質問をすることで自分が「無知」であると思われてしまうのではないか[Cross,

Borgatti, 2004], といったことを考えながら, 誰に何をどう質問をするかを決定する. 一方, 質問を受けとった回答者は, 自分が答えられる質問か, 質問者に回答することがそもそも必要か, どのくらいのコストをかけて回答すべきか, 回答をしないことで自分の評判が損なわれるのではないかと, といったことを考えて, どのように回答するか (しないか) を決定する.

このように, 質問者と回答者との間にはソーシャルキャピタル [Naphapiet, Ghoshal 1998][Fischer, et al. 2004]が生じ, 一旦回答者が質問者を助ければ, 両者の間には義務感 (次回は自分が助けなければならない) と期待感 (次回はきっと答えてもらえるに違いない) とが認知される [Coleman 1998]. また, 質問者と回答者のやりとりが, 知識コミュニティの他のメンバーと共有されることで, 各個人の知識コミュニティ内での「社会的評判」が向上したり下落したりする. 回答者が回答することは, 質問者にとっての利益は明らかであるが, 回答者にとっての利益は自明ではない. ある特定のメンバーに質問が集中したり, また大勢のメンバーに同一の質問を投げることでメンバーがほぼ同様の内容で多数の回答を送ったりすることは, 知識コミュニティ全体の視点から見ると, コレクティブなアテンションエコノミーのロスとなる [Ye et al. 2007b].

3.3 STeP_IN_Java

STeP_IN の枠組みを, Java ライブラリを利用するコミュニティ支援に適用して構築した, STeP_IN_Java (SIJ) について説明する [葉, 山本 2006].

SIJ では, Java 開発者 (ユーザ) が, 個人適応型ライブラリ検索機能を利用して, キーワードを元に, 関連する Java ライブラリ部品を検索することができる. 検索された各部品には, それに関するドキュメント, 使用例のプログラム, 及びシステムに蓄積されているこれまでのその部品に関しておこなわれたディスカッションへのリンク, および“Ask Expert”ボタンが付加されている. リンクをたどって得られる情報のみでは十分でない場合に, ユーザは, “Ask Expert”ボタンをクリックすることで, そのユーザのための, その部品に関する DynC が形成される. ユーザは, 質問文を記述し, DynC に送信する.

DynC の構成にあたって, エキスパート同定およびエキスパート選定という二段階のプロセスを経てその参加者が決定される.

エキスパート同定では, 当該部品に関する専門知識を有する人を, システムが p-a relation を各ユーザのテクニカルプロファイルとしてモデリングし, 抽出する. テクニカルプロファイルは, 各メンバーがライブラリ内の各部品に関する知識レベルを記述するものであり, 各メンバーが, これまでに開発した Java プログラム内

でその部品を使用した回数, 本人がこの部品にどの程度の専門性をもっているかの自己評価, および他者の評価などの要素に基づき決められるものである. 同定プロセスでは, 知識レベルの高い順にエキスパート候補リストを作成する.

エキスパート選定は, 同定プロセスで作成したエキスパート候補リストから, ユーザと良好な社会的関係を有する人を選択する. SIJ ではメンバー間の社会的な関係 (p-p relation) を, ソーシャルプロファイルとしてモデリングしている. 任意の二人のユーザ A と B の間に, 以下に説明する 4 種類の社会的関係を定義し, これらの関係を用いて, 知識タスクに応じた DynC の形成が可能となる.

exclude<A, B>は, B の開始した DynC に A が参加する意思がない関係を表すものである. friend<A, B> (B の開始した DynC に A が参加する意思がある関係) を表す. これら二種類の関係は, 各ユーザが図 4 で示したソーシャルプロファイル管理画面で編集することができる.

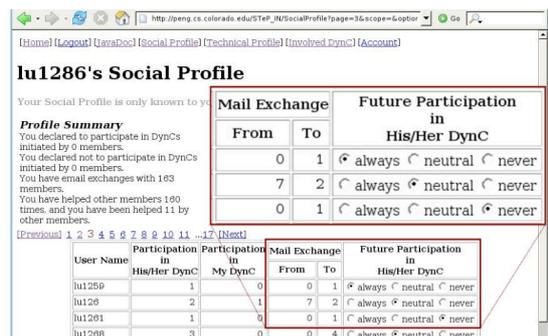


図 4: SIJ におけるソーシャルプロファイル管理画面

help<A, B>は, A が B を助けた回数を表しており, B の開始した DynC に A が返信メールを送ると, help<A, B>の数値が 1 増加する. SIJ では, ソーシャルキャピタルの理論に基づき, help(A, B)を A が B に対して作った「貸し (credit)」、help(B, A)を B が A に対して作った貸しとみなす. help(A, B)が help(B, A)より大きい場合, B が A を助ける義務 [Coleman 1988]があるものとして解釈している

email<A, B>は, A が SIJ 外で B に送信した電子メールの個数を示す. これは, B が初期ソーシャルプロファイルを作成する時点で, 各ユーザのメールボックスの解析により得られるデータである.

エキスパート選定のプロセスは, これら四種類の関係に基づき, 以下の 6 個のパスを順に通し, 各パスで選択した人数が合計で 5 名を超えた時点で, エキスパートの選定を終える.

- (1) exclude 関係者の排除

- (2) friend 関係者の選択
- (3) help 関係により貸しの多い者の選択
- (4) 記憶が新しいものであるほど印象がより強いものであるとし、より近い過去に助けられた者の選択
- (5) SIJ 全体で他者を助けた回数が他者に助けられた回数より少ない者の選択.
- (6) email 関係の多いものの選択

エキスパートを選定するプロセスでは、既存の良好な社会的関係が更なる協力行動への動機づけに繋がるというソーシャルキャピタルの理論に基づき、ユーザのために知識交換に参加する動機をより強く持っているエキスパートを、当該 DynC の参加者とする。まずコミュニティにおける個人間の社会関係をベースとし、次に STeP_IN におけるインタラクション履歴から生じたコミュニティに対しての期待と義務の関係を考慮する。最終的には STeP_IN システムの外で生じた一般的なソーシャルインタラクションによって形成された既存のソーシャルネットワークの分析結果に基づいて選定する。選定プロセスは、同定された知識レベルが高い順から並べられたエキスパートにたいして行われたので、最後に DynC 参加者として選ばれたのは、該当部品に関して高い専門知識を持つ、しかも該当ユーザを助け上げる可能性が高いメンバーとなる。

4. 関連研究

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 [de Souza et al. 2005][Froelich, Dourish, 2004]や、あるソフトウェアオブジェクトの専門家と同定する Expert Browser[Mockus, Herbsleb, 2002]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 [Gilbert et al. 2006].

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 [Hook et al. 2003]. 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、ソーシャルウェアネス [Storey et al. 2005] 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。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きていない。

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、周辺的な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 [Nakakoji 2005]. 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、正当的周辺参加 (LPP: legitimate peripheral participation) として説明している [Wenger 1998]. LPP 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的位置から、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 [Wenger 1998].

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 [Fisher 2005][Gilbert, et al. 2005]. 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. おわりに

本論では、知識共創を、アーティファクト、それに関わる個々人、それらの人々が構成する知識コミュニティ、という三つの要素が発展することによるナレッジエコロジーとみなすモデルを説明した。提案する STeP_IN (Socio-Technical Platform for In situ Networking) は、知識や情報を提供する側と享受する側の双方がメリットを感じながら有機的に知識協調を続けていくための、ソシオテクニカルな枠組みである。これまで、Java 開発者コミュニティを適用ドメインとして構築した SIJ の評価として、オープンソースコミュニティにおけるコミュニケーションおよび開発履歴データを取り入れ、2300 人余りの模擬ユーザを構築し、知識交換のシミュレーションをおこなっている。その結果、システムにより DynC として選定されたユーザが、実際に回答をおこなった開発者に含まれるこ

とを確認した[Ye et al. 2007b]. 今後は, SIJ を実際に運用することにより, システムおよび枠組みの評価をさらにおこなっていきたいと考えている.

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省科学研究費萌芽研究 17650038, 2005-2006 のもとに実施されたものである.

文献

- [1] 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.
- [2] 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).
- [3] Coleman, J.S., Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*, 94: pp. S95-S120, 1998.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Cross, R., Borgatti, S.P., The Ties That Share: Relational Characteristics That Facilitate Information Seeking, *Social Capital and Information Technology*, Huysman M., Wulf, V. (Eds.), Cambridge, MA: The MIT Press, 2004, pp. 137-161.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Fisher, D., Understanding Communication Using Social Networks. *IEEE Internet Computing*, September/October, 2005.
- [10] 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.
- [11] Gilbert, E., Karahalios, K., LifeSource: Two CVS visualizations. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, pp. 791-796, 2006.
- [12] Herbsleb, J., Mockus, A., An Empirical Study of Speed and Communication in Globally-Distributed Software Development, *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 29, pp. 1-14, 2003.
- [13] Hook, K., Benyon, D., Munro, A.J. (Eds.), *Designing Information Spaces: The Social Navigation Approach*, Springer, 2003.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Mockus, A., Herbsleb, J. D., Expertise Browser: A Quantitative Approach to Identifying Expertise, *Proceedings ICSE'02*, ACM Press, pp. 503-512, 2002.
- [17] Nahapiet, J., Ghoshal, S., Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. *Academy of Management Review*, 23, pp. 242-266, 1998.
- [18] Nakakoji, K., Yamada, K., Giacardi, 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.
- [19] Nakakoji, K., Supporting Software Development as Collective Creative Knowledge Work, *Proceedings of the Second International Workshop on Supporting Knowledge Collaboration in Software Development (KCSE2006)*, NII, Tokyo, pp.1-8, September, 2006.
- [20] Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Ye, Y., Supporting Software Development ass Knowledge Community Evolution, *CSCW2006, Workshop on Supporting the Social Side of Large-Scale Software Development*, Banff, Alberta, Canada, November, 2006.
- [21] Pentland, A., Socially Aware Computation and Communication, *Computer*, vol. 38, pp. 33-40, 2005.
- [22] Preece, J, 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.
- [23] 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.
- [24] Wenger, E., *Communities of Practice - Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.
- [25] 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, 2007a (submitted).
- [26] Ye, Y., Yamamoto, Y., Nakakoji, K., The Economy of Collective Attention for Sustainable Collaboration, *ACM CHI 2007*, San Jose, CA., April, 2007b (submitted).
- [27] 葉雲文, 山本恭裕, 岸田孝一, 知識共創のためのダイナミックコミュニティ: 理論・アーキテクチャ・応用, *ソフトウェアシンポジウム 2004*, ソフトウェア技術者協会, Okayama, Japan, pp.223-230, June, 2004.
- [28] 葉雲文, 山本恭裕, Java 開発者のオンデマンド・ラーニングを支援するソシオテクニカル環境, *SEC Journal*, 情報処理推進機構, November, 2006.