

知識流通における距離と近接性

イエ ユンウェン[†] 中小路久美代[‡] 山本恭裕[‡]

[†]株式会社 SRA 〒171-8513 東京都豊島区南池袋 2-32-8

[‡] 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

E-mail: ye@sra.co.jp, kumiyo@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp, yxy@kid.rcast.u-tokyo.ac.jp

概要 我々は、効果的な知識流通に関わる因子として、知識作業における近接性に着目している。本稿では、認知的、構造的、組織的、あるいは社会的な側面から、距離という概念を用いて知識流通を促進したり阻害したりする要因を考察する。ソフトウェア開発を知識共創作業の例としてとりあげ、それらの要因を統合する枠組みと、その枠組みに基づいた知識流通ネットワークの分析とデザインをおこなう事例を紹介する。

Distance and Proximity in Knowledge Sharing Networks

Yuwnen YE[†] Kumiyo NAKAKOJI[‡] Yasuhiro YAMAMOTO[‡]

[†] SRA Inc. 2-32-8 Minami-Ikebukuro, Toshima, Tokyo 171-8513

[‡] 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

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

Abstract The success of knowledge collaboration hinges on the proximities that knowledge workers have. This paper proposes a new conceptual framework of investigating the factors that affect knowledge collaboration based on four dimensions of proximities: cognitive, structural, organizational, and social. The effectiveness of the conceptual framework is illustrated through two examples: one uses the framework to analyze knowledge collaboration in software development, and the other uses it to guide the design of a new knowledge collaboration platform.

1. はじめに

知識の粘着性(stickiness of knowledge) [18]は、知識流通における大きな課題である。知識は、その知識が創出されたコンテキストまたは所有されている個人から切り離すことができない。流通元となるコンテキストと流通先となるコンテキストの間の乖離が、流通の有効性と効率性を大きく左右すると考えられる。この乖離の度合いを、距離というメタフォーで捉えることができる。

ここでいう<距離>は、単なる物理的な存在としての空間的な距離という意味ではない。あるところから目的のところまで、一つのモノを伝搬するコストを測る尺度と解釈すべき概念である。物理的世界で物財を流通させる際に考えるべき距離という概念は、流通の目的や、手段とメディアなどによる多様な尺度を用いて表現される。例えば、トラックで物を A から B まで運ぶ場合、A と B の地図上での直線距離ではなく、A と B までの幹線道路の長さの総和を距離の尺度としたり、あるいは、トラックではなく航空便で物を運ぶ場合には、A と B との各々の最寄り空港間の飛行距離を距離の尺度としたりする。これらの距離に応じて、物財の流通

経路や梱包の仕方などが選定され工夫されている。

同様に知識流通ネットワークを分析したりデザインしたりする際にも、知識流通の目的と流通元と流通先でのコンテキストに関わる、<距離>というものを考慮すべきであろう。そして、その距離に応じた知識流通のさせ方や、距離を尺度とした知識交換方式といったものを考えようというのが我々の提案である。

知識流通は、以下のような点で物の流通とは異なる特徴がある。物質は、同じ時刻には一つの空間にしか存在できない。A から B に物が渡されると、その物は A のところに存在しなくなる。それに対して、知識交換という行為を行っても、A はその知識を失うことはない。

また、物質には、流通により本質的な変化が生じることはない。物流において、A の手元にあった物が B の元に渡った後も、同じ物として存在し続ける。それに対し知識流通においては、複雑なプロセスが発生する。A が B に x というトピックに関して知識を伝えたという場合、A が自分の頭にある x を取り出し、コミュニケーションメディアを通して、それを B の頭に入植したことはない。A が x をコミュニケーションメディアに乗せるために表出した時点と、B がそれを受け取って解釈し

た時点の双方で、変換が施されてしまうことになる。

知識流通から知識獲得につながる一連のプロセスは、自分の持っている知識に新しい知識を単純に加算するというのではなく、既存の知識体系を修正したり、新しい連結を生み出したりするプロセスである。Brown は、水彩画のメタファーを用いて知識獲得プロセスを説明している。新しい知識を獲得するのは、水彩画を描く際に新しい一筆を加えるのに等しい。加えた途端にそれまでにあった色と形に馴染んでしまい、その一筆の色も形も変化する。そしてもはやその一筆が認識できなくなる[1]。

また、知識流通における知識の発信側にも変化が生じる。表出プロセスや知識を受け取った側の反応により、自分の持っていた知識を修正したり考え直したりすることが考えられる。それに加えて、このxについてBに伝えた、そのことをBも知っている、というメタレベルでの新しい知識も生まれることになる。

以上は単なる知識伝達の説明であるが、議論などの知識交換では更に複雑な変換を伴う。

このように、知識流通を考察する際には、表出された表現やその表現を流通させるコミュニケーションメディアのみに注目することは適切でない。知識交換に参加する人間も含めた系として考慮する必要がある。誰(who)が何(what)をどう(how)を使って何のため(for what)に誰(to whom)に知識を伝えるのか、ということが、知識流通の本質を成す一部であると考えている。

我々は、who と to whom の関係が、知識流通における距離と密接に関わると考えている。人間同士のコミュニケーションを円滑にさせるのは、コミュニケーションを行うために表出された内容(発話)の量ではなく、発話がなくても相互理解があるという、共同主観の量によるものである[17]。知識流通に関わる人間の共通経験が、知識流通の効果を左右する大きな要因であると考えられる。

2. 距離と近接性

本稿では、知識流通に関わる人間の間には存在する諸関係が、知識流通の難易度と有効性を決める要因であるとの立場をとる。そして、その関係の強弱を距離というメタファーを用いて捉えることとする。Gerstberger と Allen は、知識ワーカが、どの知識ソースに知識を求めるかを求める際の最も大きな要因は、知識の質や最適性ではなく、その知識ソースへの accessibility であると報告している[8]:“Engineers, in selecting among information channels, act in a manner which is intended not to maximize gain, but rather to minimize loss. The loss to be minimized is the cost in terms of effort.”すなわち、これらの距離が増えると、

アクセスするためのエフォートが増加すると考えられる。より効果的な知識流通を促進するためには、知識流通に関わる人に、コストの高さを感じたばかりに、ポテンシャルの高い知識にアクセスしようとしなさい、といった事態を避けるようにすることが重要となると考えられる。

本稿では、知識流通の質に関わる距離として、認知的、社会的、組織的、および構造的という、四つの次元があると考えている。以下に各次元について説明する。

2.1. 認知的な距離と近接性

認知的な距離とは、知識流通に関わる各知識ワーカが持っている知識の重なり合い具合を表す。知識ワーカの一般的な知識を抽象的に照合するものではなく、当該知識流通の目的となる問題を解決するために必要となる知識のみに限定して比較されるべきものである。したがって、認知的な距離は、知識流通のコンテキストが決まってはじめてその距離が定まるようなものである。

知識流通を促進するためには、参加する知識ワーカ間に、ある程度の認知的な近接性が重要となる。この認知的な近接性には、価値観の共有、背景知識の共有、そしてこれらの共有への個々人のアウェアネス、という三つの側面があると考えられる。

人間は、通常、ある行動に価値があると判断した後にその行動を取るものである[15]。共有する価値観は、コミュニティの共同行動の基礎を築きその発展を支えるものとされている[2]。流通される知識、そしてその知識を利用して解決すべき共通問題に与えた価値が共有されれば、知識ワーカが知識流通に関わるインセンティブが高まる。オープンソースソフトウェア(OSS)に参加するプログラマは、他のメンバーからの質問を受けた際に、たとえその質問に答える知識を有していなくても自分で調査し回答する場合がよくあるとされている。この行為は、参加しているプロジェクトと、質問された問題に対して与えた高い価値が、参加のインセンティブを生み出すためであると説明されている[10][19]。

背景知識の共有が重要であることの説明として、ウイトゲンシュタイの次の引用がある:If a lion could speak, we could not understand him (Philosophical Investigations, II, xi, p.223). この理由は、われわれにはライオンと共通する生活経験がなく、コミュニケーションとなる共通基盤がないためである。コミュニケーションの有効性を図る基準は、コミュニケーションされる情報の量ではなく、コミュニケーションをする必要のない情報の量、で決まる。知識を受け取る側では、その知識を組み取る能力(absorptive capacity)が知識流通の効果に大きく関わる。知識は体系化されたものであり、新しい知識を理解し消化するためには予備知識

が必要となる。既存知識に、受け取った新しい知識を受容するだけの接点がないと、この新しい知識の価値を認識、あるいは理解することができなくなる。結果として知識流通は、ライオンと人間の対話のようになってしまい、知識流通はあるものの効果がまったくないことになってしまう。

最後に、価値観や背景知識の共有という事実を、流通に参加する知識ワーカがどれほど認識しているかも認知的な近接性に関わってくる。共有されているものの、その共有に気づいていなければ、必要のない知識交換が発生する。その結果、不要な交換コストを生み出すのみならず、交換に参加する知識ワーカのインセンティブを低減させる恐れもある。I know he knows this という前提で発話されることと、I know he knows that I know this という前提で受け取ることは、知識流通において重要な要因である。

認知的な距離があまりに遠ければ、知識流通は困難になる。しかしながら、近接性は近ければ近いほど良いといったことにもならない。極端に言うと、価値観や背景知識が完全な形で共有されているとしたら、知識流通はもはや必要ではなくなる。近すぎる近接性はgroup thinkに陥りやすく、型破りなbreak throughができなくなるといった弊害も考えられる。Hansen は weak tie が知識創造性を促進すると報告している[9]。バランスのとれた認知的な距離が、知識流通を効果的にこなうための鍵となると考えられる。

2.2. 構造的な距離と近接性

構造的な距離とは、知識ワーカが他の知識ワーカが持っている知識にアクセスする際の、コミュニケーションの難易度を表す。例えば、物理的な通信環境の有無や、通信経路の帯域幅、通信速度や信頼性、通信に用いるメディアの種類、用いる言語の種類、あるいは居住する地域のタイムゾーンなどが、構造的な距離を規定する要因となる。構造的な次元での近接性が全くないと、知識が流通する経路がないということになる。情報通信技術の発達により、多様なコミュニケーションメディアが利用できるようになり、知識流通における構造的な近接性が大幅に改善されているといえ、タイムゾーンや言語の問題など、未解決な課題も多い。

同じ場所にいる知識ワーカの間では、face to face (対面)のコミュニケーションが可能であるため、構造的な近接性が一番高いと考えられている。しかしながら、対面コミュニケーションがもっとも効果的な知識流通の手段であるとは言い切れない。Face to face コミュニケーションはアーカイブできないので、その場で交換された知識は蓄積できない。また、face to face コミュニケーションはリアルタイムで行われるため、他の知識ワーカのフローを妨げる interruption コストも高い。

知識流通を促進するために、常に face to face の構造的な近接性を求める必要はない。コミュニケーションのコストと知識流通の目的の間にバランスを取る必要がある。知識ワーカが意識的に face to face、メール、電話などのコミュニケーションチャンネルを切り替えて、目的にあう知識交換を行っていることが観察されている[14]。コミュニケーションメディアにより生じる構造的な距離と、知識流通の目的とコンテキストを統合に考える必要がある。

2.3. 組織的な距離と近接性

組織的な距離とは、機構を持つ組織に属する知識ワーカが通信する際の、組織の機構上に現れる経路の長さを表すものである。組織横断的な知識流通の促進は課題としてしばしば挙げられるが、これは知識ワーカ間に存在する組織的な距離が一つの阻害要因となっているためであると考えられる。

組織においては一般的に、効果的な運営を目的として、ある基準によって組織を部門に分割しその部門ごとに機構が作られている。企業の多くは、トランザクション理論に基づき組織の機構化をおこなっている[13]。つまり、企業内でのトランザクションコストを最も合理化することを目的として、業務プロセスを切断し、そのプロセスにしたがって人員と資源を階層的に配置する。こうした機構は、部門内のコミュニケーションを容易にし、部門間のコミュニケーションは、それらの部門の共通する上級ノードを経由することによりコミュニケーションとそのコストをコントロールする形になっている。部門を階層的に設置することに伴い、知識ワーカの間に組織的な距離が生まれてしまい、結果として知識流通を阻害する要因となることも少なくない。たとえば、Nagappanらは、組織的な距離を測るメトリクスを提案し、それを使ってソフトウェアの品質を予測することに成功している[12]。

2.4. 社会的な距離と近接性

社会的な距離は、知識流通に参加する知識ワーカの間に存在する社会的なつながりを表し、パブリックな役割により定められる距離と、個人間の親密度により生まれる距離との二種類が考えられる。

パブリックな役割が決める社会的な距離は、知識ワーカの間に存在する公人的な相互関係である。これらの関係では、おおよけの立場からみた仕事の担い手としての側面が関わる。たとえば、先生と学生、上司と部下などといった関係が挙げられる。こういった役割で決まる社会的な距離は、おおよけの場で繰り返された相互作用によって基準とされたものである。これらの基準を知識流通に適切に取り入れることにより、知識交換と協働作業が効果的に展開できると考えられる。

Engerström は、このような知識交換ネットワークを **knotworking** と名づけ、手術室における協働作業のプロセスを説明している。手術に携わる各役割がはっきり決められているので、初対面である医師や看護婦同士であっても、その役割に規定されたタスクを履行すれば、手術をスムーズに協調して行うことができる[7]。

しかしながら、知識流通は、常にすでに想定されている場面でのみ行われるわけではない。むしろ、アドホックに行わなければならない知識流通が主要である。こうした場合での知識流通には、知識ワーカーの個人的な相互関係、つまり、知人関係などのような個人間の親密度が、知識流通に参加するインセンティブと知識流通の効果を大きく左右すると考えられる。知識ワーカー間に存在する緊張した関係が知識流通を妨げる最大の要因とされている[4]。逆に、良い個人関係は下記の側面から知識流通を大きく促進する。

- 相手に対する信頼が、交換された知識への信頼に反映され、価値判断が容易になる。
- 信頼できる関係にあるため、物知らずで恥ずかしい、といった心配が減り、質問と回答をしやすくなる。
- 知識を提供するインセンティブが高くなる。

知識を提供する知識ワーカーが積極的に参加するインセンティブがないと、知識交換が成立しない。Nahapiet and Ghoshal は、ソーシャルキャピタル理論を用いて、知識ワーカーに存在する社会的な近接性と、知識交換に参加するインセンティブとの関係を解明する理論的枠組みを提案している[13]。

この理論の中心となる概念は、義務感と期待感である。知識ワーカーが知識流通で他の知識ワーカーから新しい知識を受け取った場合、知識を得た知識ワーカーにソーシャルデビット(社会的な借り)が生じ、以後に自らが進んで知識提供を行わないとならないという義務感が生じる。一方、知識を提供した知識ワーカーにはソーシャルクレジット(社会的な貸し)が生じ、以降助けてもらえる期待感を持つ。組織の中でメンバーの間に繰り返される、義務の遂行と期待のペイオフが、社会的な規範に導かれ、すべてのメンバーに同じような行動を要求し、知識流通に参加するインセンティブが向上すると考えられる。知識流通を促進するためには、このような個人的な社会関係に伴う義務と期待を、知識ワーカーに意識させることが重要であると考えられる。

3. 事例

前章では、認知的、構造的、組織的および社会的な距離と近接性という視点から、知識流通の成功を促進したり損害したり要因を考察した。本章では、これに技術的にどうアプローチすべきか、という点について、事例を用いて説明をおこなう。ソフトウェア開発を知識共創のドメインとしてとりあげ、ソフトウェア開発における

知識流通を分析する事例を 3.2 節で、デザインする事例を 3.3 節で説明する。

3.1. 知識流通ネットワークとしてのソフトウェアプロジェクト

ソフトウェア開発は知的共創作業を代表する分野であると考えている[22]。ひとつのソフトウェアプロジェクトは、ひとつの知識流通ネットワークを生成するとみなすことができる。この知識流通ネットワークには、二種類の知識ノードが存在する。第一は、知識が組み込まれたアーティファクトとしてのプログラムファイルやドキュメントファイル、第二は、知識を持っている開発者である。プログラミングは、開発者が知識をアーティファクトに外在化するプロセスであると考えられる。またプログラミングは、他の開発者の作ったアーティファクトを利用したり参照したりすることにより、そのアーティファクトに組み込まれた知識を獲得するという、知識がアーティファクトから開発者に内在化されるプロセスでもある。開発者は、プログラムに関する知識を完全に外在化することはできず[11]、開発者が直接的なコミュニケーションを通して暗黙知を交換することが、開発時においてきわめて重要であることが報告されている[5]。

Robillard らの研究によると、ソフトウェア開発者がプロジェクト開発に関する暗黙知を交換するためのコミュニケーションに費やした時間は開発時間の 41%をも占める[16]。これらの知識交換が必要となるのは、開発者が抱えている開発タスク間に、多様な依存性が存在するためであると考えられる[6]。

3.2. 近接性コングレンス分析

ソフトウェア開発タスクは、組織の構造に沿って割り当てられることが多い。これにより開発者の間にく組織的>な距離と近接性が生じ、ソフトウェアプロジェクトの形成した知識流通ネットワークにく組織的なコンフィギュレーション>を与えていると考えられる。

また、開発者が抱えている開発タスク間に依存性があれば、そのプロジェクトに関する知識にも重なりが多くなり、開発者間にく認知的>な近接性があると考えられる。この認知的な近接性はソフトウェアプロジェクトの形成した知識流通ネットワークに、<認知的コンフィギュレーション>を与えると考えることもできる。

我々は、<組織的>、および<認知的>、という二つの異なった距離と近接性により形成されたコンフィギュレーション間にどの程度の一致性があるかを、オープンソースソフトウェア開発プロジェクトを事例として取り上げ、分析をおこなった。プロジェクトにおける異なる種類の距離と近接性間の一致性の有無が、そのプロジェクトにおける知識流通の実態を把握、理解、そして改善するために重要であると考えたためである。

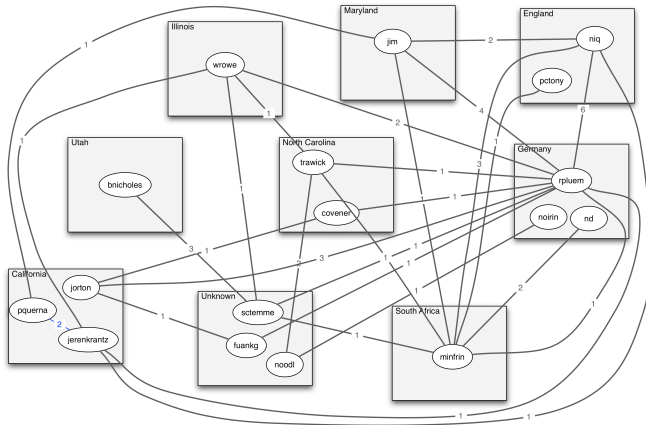


図 1: Apache Httpd における組織的近接性と認知的近接性を同時に表示した例

使用したのは、Apache Httpd プロジェクトの 2007/11/1 から 2008/1/31 までの期間中の、開発履歴データである。開発者間の認知的な距離を、同一のアーティファクトを、あらかじめ定めた一定の短い期間内に同時にアクセスした回数の総和として計算した。組織的な距離を求めるにあたっては、Apache プロジェクトではフォーマルな組織構造を有していないため、各開発者が作業している場所により、国単位(米国の場合は州単位)でひとつの組織としてみなすこととした。計算手法の詳細は、[21]を参照されたい。

図1に、Apache Httpd プロジェクトにおける、組織的近接性と認知的近接性を表す例を示す。各楕円が各開発者を示し、同一の組織に属する開発者を四角で囲っている。開発者間の実線は、それらの開発者間に認知的近接性があることを示し、数字はその強さを示す。

このように組織的と認知的、二種類の近接性を同時に表現することで、いくつかの洞察が得られる。第一に、二種類の近接性の間の一貫性の有無を調べることができる。Conways' law[3]は、組織構造が構築するシステムの構造に与える影響を示唆するものであるが、四つの次元の距離を考慮すれば、さらに踏み込んだ分析が可能であると考えられる。第二に、どの開発者がどの部門の開発者と緊密な連携を取っているか、といったことを知ることができる。これらの開発者は部門横断的な知識流通のゲートウェイ的な存在になっていると考えられる。第三に、これらの異なる視点からの知識流通の距離を考慮することで、プロジェクトと組織の目的により適した、開発要員の配置や開発タスクの割当をおこなうことができる。

図1では二つの次元の近接性だけを示しているが、他の次元を加えてより深い分析をおこなうことも考えられる。たとえば、グローバルプロジェクトでは、インターネットコネクションの品質やタイムゾーンの差といったフ

クターを構造的な距離として加えるなどである。

3.3. 知識流通ネットワークのデザイン

本節では、知識流通における、認知的および社会的な近接性を考慮した、知識流通のためのコミュニケーションチャンネルのデザイン事例を説明する。本事例で構築したのは、Java クラスライブラリを使用する開発者が、ある Java ライブラリコンポーネントに関する情報を開発者仲間から得るための、知識流通ネットワークである。

STeP_IN_Java[23]は、STeP_IN(Socio Technical Platform for In situ Networking)と呼ぶ、社会的関係を考慮した知識交換の枠組みに基づき構築された、Java クラスライブラリ学習支援環境である。STeP_IN の枠組みについての詳述は、[20]にある。本節では、STeP_IN_Javaにおける知識流通ネットワークの仕組みについてのみ説明する。

STeP_IN_Java を利用する開発者が、検索し閲覧中のある Java ライブラリのコンポーネントについて、既存の情報(ソースコードや使用プログラム例、ドキュメントや過去にやりとりされた Q&A など)のみからでは満足する情報を得られず、さらに誰かに尋ねたい疑問が出てきたとする。各 Java ライブラリコンポーネントには、“Ask Expert”というボタンが付加されていて、開発者がこのボタンをクリックすると、質問文を記述できるインタフェースが現れる。ここに記述した質問文は、システムが動的に構成する、ダイナミックコミュニティ(DynC:Dynamic Community) [24]と呼ぶ、質問を答えてくれそうな開発者仲間から成るメーリングリストに投稿される。このメーリングリストは、どの開発者が何について質問しているのかという情報に基づき、認知的および社会的な距離を考慮して動的に生成される知識流通のためのコミュニケーションチャンネルである。

DynC の構成にあたっては、質問されている Java ライブラリコンポーネントに関する認知的距離を用いてまず候補者を選定し、次に、質問している開発者との社会的距離を用いて知識の交換に関わるべきと判断する開発者を候補者の中から選定している。

認知的な距離を考慮するにあたっては、各開発者がこれまでに開発した Java プログラム内でこのコンポーネントを使用した回数や、各自がそれぞれのコンポーネントに対してどの程度の専門性を有していると思うかの自己評価などを利用している。社会的な距離を考慮するにあたっては、質問する開発者との社会的近接性、すなわち以前に助けてもらったことがあるか、メールなどでコミュニケーションをおこなったことがあるか、個人的にその開発者を助けることは吝かではない旨を明示的に表明しているか、といった情報を利用している。アルゴリズムの詳細については[23]を見られたい。

DynC は、その開発者が、その Java ライブラリコンポーネントに関する質問を答えてもらうことのみを目的として動的に作成される、知識流通のためのメーリングリストである。質問に対する回答もこのメーリングリストを介したやりとりでおこなわれることを想定している。質問者が、やりとりの結果疑問が解決したと判断したことをシステムに対して示すと、そのメーリングリストは解消され、やりとりの記録のみがアーカイブ化される。

4. おわりに

本稿では、知識流通を促進したり損害したりする要因を、認知、構造、組織、そして社会といった四つの次元に分け、距離と近接性のメタファーを用いて考察する枠組みを提案した。知的共創作業を代表するソフトウェア開発を適用ドメインとして取り上げ、この枠組みに基づいて知識流通の実態を分析する方法、そして新しい知識流通ネットワークを構築する方法を説明した。今後は、四つの次元における距離を同定する機構をそれぞれ開発すると共に、さらに多くのソフトウェア開発プロジェクトに適用しながら、知識流通における距離と近接性がどのように知識流通の質の向上に関わるのかについて研究を進めたいと考えている。

参考文献

- [1] Brown, J.S. and Duguid, P., *The social life of information*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2000.
- [2] Butler, B.S., "Membership size, community activity, and sustainability: A resource-based model of online social structures," *Information Systems Research*, vol. 12, pp. 346-362, 2001.
- [3] Conway, M.E., "How do committees invent?" *Datamation*, vol. 14, pp. 28-31, 1968.
- [4] Cross, R. and Borgatti, S.P., "The ties that share: Relational characteristics that facilitate information seeking," in *Social capital and information technology*, M. Huysman and V. Wulf, Eds. Cambridge, MA: The MIT Press, 2004, pp. 137-161.
- [5] Curtis, B., Krasner, H., and Iscoe, N., "A field study of the software design process for large systems," *CACM*, vol. 31, pp. 1268-1287, 1988.
- [6] de Souza, C.R.B., Quirk, S., Trainer, E., and Redmiles, D., "Supporting collaborative software development through the visualization of socio-technical dependencies," in *Group'07*. Sanibel Island, FL, 2007, pp. 147-156.
- [7] Engerström, Y., Engeström, R., and Vahäaho, T., "When the center does not hold: The importance of knotworking," in *Activity theory and social practice: Cultural-historical approaches*, S. Chaiklin, M. Hedegaard, and U.J. Jensen, Eds. Aarhus, Denmark: Aarhus University Press, 1999, pp. 345-374.
- [8] Gerstberger, P.G. and Allen, T.J., "Criteria used by research and development engineer in the selection of an information source," *Journal of Applied Psychology*, vol. 52, pp. 272-279, 1968.
- [9] Hansen, M., "The search-transfer problem: The role of weak ties in sharing knowledge across organizational subunits," *Administrative Science Quarterly*, vol. 44, pp. 82-111, 1999.
- [10] Lakhani, K.R. and von Hippel, E., "How open source software works: Free user to user assistance," *Research Policy*, vol. 32, pp. 923-943, 2003.
- [11] LaToza, T.D., Venolia, G., and DeLine, R., "Maintaining mental models: A study of developer work habits," in *ICSE'06*, 2006, pp. 492-501.
- [12] Nagappan, N., Murphy, B., and Basili, V.R., "The influence of organizational structure on software quality: An empirical case study," in *ICSE'08*, 2008, pp. 521-530.
- [13] Nahapiet, J. and Ghoshal, S., "Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage," *Academy of Management Review*, vol. 23, pp. 242-266, 1998.
- [14] Reder, S. and Schwab, R.G., "The communication economy of the workgroup: Multi-channel genres of communication," in *CSCW'88*, 1988, pp. 354-368.
- [15] Reisberg, D., *Cognition*. Norton & Company, 1997.
- [16] Robillard, P.N. and Robillard, M.P., "Types of collaborative work in software engineering," *Journal of System and Software*, pp. 219-224, 2000.
- [17] Star, S.L., "The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving," in *Distributed artificial intelligence*, vol. II, L. Gasser and M.N. Huhns, Eds. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1989, pp. 37-54.
- [18] von Hippel, E., *Democratizing innovation*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [19] Ye, Y. and Kishida, K., "Toward an understanding of the motivation of open source software developers," in *ICSE'03*, 2003, pp. 419-429.
- [20] Ye, Y., Yamamoto, Y., and Nakakoji, K., "A socio-technical framework for supporting programmers," in *FSE'07*, 2007, pp. 351-360.
- [21] Ye, Y., "Measuring site coupling in distributed software development," in *SEAFOOD 2008*, 2008.
- [22] Ye, Y., Yamamoto, Y., and Nakakoji, K., "Expanding the knowing capability of software developers through knowledge collaboration," *International Journal of Technology, Policy and Management*, vol. 8, pp. 41-58, 2008.
- [23] 葉雲文(イエ ユンウエン), 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*, vol. 2, pp. 18-25, 2006.
- [24] 葉雲文(イエ ユンウエン), 山本恭裕, "ダイナミックコミュニティ," *知能と情報(日本知能情報フアジイ学会誌)*, vol. 18, pp. 54, 2006.