

互酬性に基づく知識共有コミュニティ発展のモデル化：Agent-Based-Approach

Agent-based Model on Knowledge Share Community based on Reciprocity

小川 祐樹
Yuki Ogawa

電気通信大学大学院情報システム学研究科
Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications
ogawa@ohta.is.uec.ac.jp

山本仁志
Hitoshi Yamamoto

立正大学経営学部
Faculty of Business Administration, Rissho University
hitoshi@ris.ac.jp

諏訪博彦
Hirohiko Suwa

電気通信大学大学院情報システム学研究科
Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications
h-suwa@is.uec.ac.jp

岡田勇
Isamu Okada

創価大学経営学部
Faculty of Business Administration, Soka University
okada@soka.ac.jp

太田敏澄
Toshizumi Ohta

電気通信大学大学院情報システム学研究科
Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications
ohta@is.uec.ac.jp

keywords: Q&A community, agent-based simulation, reciprocity, pecuniary transaction

Summary

Knowledge share communities such as Q&A communities have been expanding in recent years. However, it might be difficult to understand how participant interactions build such a community site while their motivation to participate is clear. We focus on users' motivation (especially, reciprocity) on pecuniary transaction. In this paper, we model a user's interaction rule in a knowledge share community site, simulate our model, and discuss on the key factor for the growth of the community. According to the result of our simulation, we investigate the mechanism of that the degree of pecuniary for transactions of Q&As has much effect on the quantity and quality of answers for users' questions.

1. はじめに

本稿では、知識共有コミュニティの一つである Q&A コミュニティを対象に、コミュニティの報酬制度設計の違いが、利用者である質問者と回答者の質問・回答にどのような影響を与えるかをエージェントシミュレーションの実験によって分析する。

近年、インターネット上において、利用者同士が互いに質問と回答を投稿しあう Q&A コミュニティと呼ばれる知識共有コミュニティが数多く出現し、大きな発展を遂げてきている（Yahoo!知恵袋^{*1}、OKWave^{*2}、教えて!goo^{*3}、はてな人力検索^{*4}）。

このような知識共有コミュニティにおいて、知識

提供を行う利用者の数や心理的特性といった要素を把握することは、コミュニティの活性化・発展といったサービスの維持を考えるうえで重要な課題である。先行研究により、知識共有コミュニティ利用者の参加動機は明らかにされている [三浦 08]。

しかし、サイト内の利用者間同士のコミュニケーションの相互作用や、それらを既定するサイトの運用方針・制度設計が、参加動機や行動動機にどのように影響し、結果的に知識共有コミュニティにどのような発展をもたらすかといったメカニズムについては明らかになっていない。実際、一定の利用者数を集めている Q&A サイトにおいて、その特徴や発展、利用者間の相互作用の仕方は、サイトの運用方針・制度設計によって異なっている。

例えば、代表的な Q&A コミュニティとしてあげられる「Yahoo!知恵袋」では、お礼の言葉やベストアンサーといった非金銭的な利用者の援助性・互酬性を基盤とした運用方針により、利用者のだれもが気軽

*1 Yahoo!知恵袋: <http://chiebukuro.yahoo.co.jp/>

*2 OKWave: <http://okwave.jp/>

*3 教えて!goo: <http://oshiete.goo.ne.jp/>

*4 はてな人力検索: <http://q.hatena.ne.jp/>

に発言できる場を形成させ、より多くの回答を集めることに成功している。一方、「人力検索はてな」と呼ばれる Q&A コミュニティでは、質問者が回答の数や質に応じて「はてなポイント」（換金性のあるサービス上の通貨）を支払う制度を導入している。この制度により、知識を財とみなし、知識の流通に金銭的な取引を介在させ、回答の質を一定に保っている。このように、サイトの運用方針や制度設計は、利用者の行動動機に少なからず影響を与え、結果的に形成される Q&A コミュニティを特徴づける要素となっている。

我々は、知識共有コミュニティにおける制度設計の違いが、利用者同士のコミュニケーションといった相互作用にどのような影響を与え、それがサイトの発展にどう繋がるかを理解することで、知識共有コミュニティの制度設計を行ううえでの知見を得たいと考えている。

本稿では、知識共有コミュニティの一つである Q&A コミュニティを対象に、利用者である質問者と回答者の相互作用に影響を与える制度設計として、質問・回答の知識取引においてどの程度の金銭的な報酬が行われるかといった点に着目し、この制度の違いが質問に対する回答の質、質問にマッチングする回答の数にどのような影響をあたえるかを、エージェントシミュレーションの実験によって分析する。

2. 関連研究

本節では、オンラインコミュニティに関する研究と知識共有コミュニティに関する研究について取り上げ、本研究の位置づけを示す。

インターネット上には様々な種類のコミュニティ（オンラインコミュニティ）が形成されている。Hinds ら[Hinds 08]は、オンラインコミュニティを mixi や MySpace などのコミュニケーションを基本とした交流型、SourceForge などの OSS 開発を行う開発型、Wikipedia などの知識共有を行う知識共有型といった分類化を行っている。また、コミュニティのサイズと活動状況の因果関係を分析した研究[Koch 04]や、多数の OSS 開発コミュニティのダイナミクスを測定し、コミュニティの発展プロセスを数学的にモデル化する研究などが行われている[Wu 07]。

最近では、このようなトップダウン的なアプローチのほかに、コミュニティの参加者の行動パターンをエージェントとしてモデル化し、マルチエージェントシミュレーションによってコミュニティの発展プロセスをモデル化しようとする試みもある[鳥海 08][山田 08]。

山田ら[山田 08]は、知識コミュニティにおける制度が、利用者のモチベーションや知識コミュニティの

状態にどのような影響を与えるかを明らかにするために、知識コミュニティにおけるメンバーの知識貢献行動についてモデル化し、マルチエージェントシミュレーションによって、コミュニティ内で行われる相互作用の分析を行っている。結果、回答者のモチベーションを維持するためには、知識提供にかかるコストを下げること、一時的な利得よりも長期的な利得を重視した行動学習が必要であることを示している。この結果は、シミュレーション実験によって知識コミュニティで一般的に見られる知見や傾向を表現できることを示している。しかし、構築したモデルは単純化したモデルであるため、目的や成功の種類異なるコミュニティ[Lin 07]については、それぞれ特有の事象を理解するという点においては限界があるといえる。そのため、分析対象のコミュニティについて詳細なモデルを構築するというアプローチも必要であろう。

オンラインコミュニティの発展のプロセスをモデル化するためには、それぞれのコミュニティにおける参加者の参加動機についても適切に把握することが重要である。

三浦ら[三浦 08]は、Q&A コミュニティにおける利用者の参加動機を明らかにすることを目的とし、Q&A コミュニティの一つである Yahoo!知恵袋を対象に、利用者に対する質問紙調査を実施している。その結果、回答投稿の参加動機として、(1)援助的動機、(2)互酬的動機、(3)社会的動機、(4)報酬的動機の 4 つの因子を明らかにしている。(1)援助的動機は質問者を助けることに、(2)互酬的動機は回答投稿による将来的なメリット獲得への期待や過去の経験に対する返報に、(3)社会的動機は投稿という行為そのものの社会的意味に、(4)報酬的動機は回答投稿によって得られる（即時的な）メリットに、それぞれ重きを置く傾向を表している。比較分析により、Q&A コミュニティは基本的には利用者の積極的なサポートによって成り立っているが、同時にその他の参加動機として、回答者の回答行動に伴う自身への直接的な報酬も参加のインセンティブの一つとして影響することが示されている。

この分析結果より、Q&A コミュニティにおける利用者の参加動機は、利用者の援助的特性といった静的な要因だけでなく、質問と回答の知識取引やコミュニケーションといった動的に変化する相互作用の結果によっても少なからず影響を受けるものとして捉えることも必要であることがいえるだろう。Q&A コミュニティの持続的な活性化・発展を考えたときには、個々の利用者のある一時点での参加動機だけでなく、質問者と回答者の知識取引やコミュニケーションといった相互作用に伴う行動や動機の変化に

についても議論する必要があるだろう。

本稿では、これらの研究をふまえ、知識共有コミュニティの一つである Q&A コミュニティを対象に、利用者である質問者・回答者の利用動機を、質問・回答のやり取りといった相互作用から得られる長期的な効用（本研究では、これを互酬性と定義する）として捉えたモデルを提案する。また、質問者と回答者の相互作用である知識取引に影響を与える要因として、コミュニティの報酬制度に着目し、この制度の違いが、知識共有コミュニティの発展・成功の観点[Lin 07]である質問に対する回答の質と数にどのような影響をあたえるかを、エージェントシミュレーションの実験によって分析する。

3. Q&A コミュニティのモデル化

本節では、Q&A コミュニティにおける、利用者の質問・回答のやり取り（以下、知識取引）と、利用者の行動、コミュニティ制度、利用者の効用をモデル化する。

3.1 知識取引のモデル化

我々は、Yahoo!知恵袋などの一般的な Q&A コミュニティで見られる質問者と回答者の実際の行動をふまえ、質問者と回答者の質問・回答行動（以下、知識取引）を、（1）質問者の質問投稿、（2）回答者の質問への回答投稿、（3）質問者の回答者への返報投稿といったプロセスとしてモデル化する。

§1 質問者の質問投稿

質問者は、自分の知識特性にもとづいて質問をコミュニティに投稿する。このとき、質問者の行動として、質問を詳細に記述すればするほど、よりマッチした回答（質問者の意図した回答）が集まり高い効用を得られると考えられる。しかし、質問自体は質問者が記述する文章という形で表現されるため、質問投稿にはいくらかの文章記述のための労力を有するものと考えられる。また、どれだけ真面目に文章を記述するかは、質問者ごとに異なっていると考えられる。以上より、質問者の質問投稿は、質問者が自身の知識特性と、努力・誠実さ特性によって生成される質問をコミュニティに投稿するものとする。

§2 回答者の質問への回答投稿

回答者は、投稿された質問に対し回答を行うことで満足や利得（ポイント等）を得る。このとき、回答者の行動としては、自分の知識で応えられる質問、あるいは、お礼（以下、返報）をしてくれそうな質問者かどうかを考慮して質問を選択すると考えられ

る。また、このとき回答する文章も、どれだけ質問者の意図に合った回答を記述するかは回答者の回答努力によって異なっていると考えられる。以上より、回答者は、自身の知識特性と、質問者の返報特性を考慮して質問を選択し、自身の努力・誠実さ特性にもとづいて質問に合った回答を投稿するものとする。

§3 質問者の回答者への返報投稿

質問者は、質問に回答があった場合に、回答者に対し返報を行う。しかし、集まる回答は必ずしも質問者にとって意図した回答でない場合もあるため、自分の質問意図（知識特性）にある程度マッチした回答に対してのみ返報を行うものとする。

3.2 利用者のモデル化

本項では、3.1 項の（1）～（3）であげた知識取引のプロセスにもとづき、Q&A コミュニティにおける主な利用者である質問者・回答者と、そこで投稿される質問・回答をモデル化する。なお、本稿でのモデル化においては、やり取りされる質問と回答はそれぞれビット列で表現し、ビット列の距離が近い組ほどよりの確な回答であるものとする。

§1 質問者のモデル

質問者の知識特性 ($Prop^Q$)

Q&A コミュニティにおいて投稿される質問の種類は、趣味に関するものや、PC に関するものなど多種多様存在している。これらの質問は、質問者の知識にもとづいて投稿される。本稿では、質問を投稿する質問者 i の知識特性 $Prop_i^Q$ を k 列の 0,1 のビット列として以下のように表現する。

$$Prop_i^Q = [x_1, x_2, \dots, x_k] = [x_n \in \{0,1\}]$$

質問者の努力・誠実さ特性 ($Effort^Q$)

投稿される質問の内容は、質問者が記述する文章という形で表現されるため、質問がどれだけ詳細・曖昧に記述されるかは、質問者がどれだけ労力をかけて文章を作成するかといった質問者の努力・誠実さに依存すると考えられる。質問文章の詳細・曖昧さは、回答者が回答できるかどうか（自分の知識に合っているか）、回答しようと思うかどうか（不真面目な文章ではないか）といった回答動機に影響を与える重要な要素の一つである。本稿では、質問を投稿する質問者 i の努力・誠実さの特性 $Effort_i^Q$ を 0 から 1 の実数値として以下のように表現する。この $Effort_i^Q$ の値が大きいほど質問者 i は努力して文章を記述する（質問 $Info_i^Q$ を生成する）ことを表す。

$$0 \leq Effort^O_i \leq 1$$

質問 ($Info^O$)

質問者 i によって投稿される質問 $Info^O_i$ を、質問者 i の知識特性 $Prop^O_i$ をもとに、努力・誠実さ特性に応じて曖昧さが生じるものとして以下のように表現する。

$$Info^O_i = [x_1, x_2, \dots, x_k] = [x_n \in \{0, 1, *\}]$$

ここで、ビット列における $*$ は情報の曖昧さを意味するものとし、 $Prop^O_i$ の各ビット列が $(1 - Effort^O_i)$ の確率で $*$ に変化するものとする。

質問者の返報閾値特性 (Th^O)

質問者 i が、回答者 j に対して返報を行うかどうかは、質問者 i の知識特性 $Prop^O_i$ と、回答者 j の回答 $Info^A_j$ とのマッチ度が、質問者 i の返報閾値特性 Th^O_i (0 から 1 の実数値) を越えるかどうかによって決定するものとする。この Th^O_i の値が大きいほど、質問者 i は回答とのマッチ度が高い回答者にしか返報を行わないことを表す。

$$0 \leq Th^O_i \leq 1$$

ここで、マッチ度の計算は、 $Prop^O_i$ と $Info^A_j$ のハミング距離を 0 から 1 の実数値に正規化したもの (ハミング距離 k) とする。

§2 回答者のモデル

回答者の知識特性 ($Prop^A$)

質問に対する回答は回答者の知識にもとづいて投稿される。そこで、回答者 i の知識 $Prop^A_i$ を質問者の知識特性と同様に以下のように表現する。

$$Prop^A_i = [x_1, x_2, \dots, x_k] = [x_n \in \{0, 1\}]$$

回答者の努力・誠実さ特性 ($Effort^A$)

回答者が質問に回答する際、質問者の曖昧な質問文章に対してどの程度努力して回答文章を記述して回答するかを表現する特性として、回答者 i の努力・誠実さ特性 $Effort^A_i$ を以下のように表現する。この $Effort^A_i$ の値が大きいほど、回答者 i は努力して文章を記述することを表す。

$$0 \leq Effort^A_i \leq 1$$

回答者の回答閾値特性 (Th^A)

回答者 i が、質問者 j の質問 $Info^O_j$ に対して回答を

行うかどうかを、回答者 i の知識特性 $Prop^A_i$ と質問者 j の質問 $Info^O_j$ のマッチ度に対する回答閾値特性 Th^A として以下のように表現する。

$$0 \leq Th^A_i \leq 1$$

ここで、マッチ度の計算は、 $Prop^A_i$ と $Info^O_j$ のハミング距離を 0 から 1 の実数値に正規化したもの (ハミング距離 k) とする。なお、ビット列における $*$ は、情報の曖昧さを表現しているため、距離 1 として計算する。

回答 ($Info^A$)

回答者 i の、質問者 j の投稿した質問 $Info^O_j$ に対する回答 $Info^A_i$ を以下のように表現する。

$$Info^A_i = [x_1, x_2, \dots, x_k] = [x_n \in \{0, 1\}]$$

ここで、この $Effort^A_i$ の値が大きいほど、回答者 i は質問者 j の質問 $Info^O_j$ に近づけた文章を記述するものとする。具体的には、回答者 i は質問者 j の質問 $Info^O_j$ の k 列のビット列中の $*$ について、 $Effort^A_i$ を超えるまでのビット列の割合 ($*$ のビット列 k) に対し、質問者 j の質問 $Prop^O_j$ の各ビット列に近づけた値 (値のコピー) の回答 $Info^A_i$ を生成するものとする。

3.3 コミュニティ制度のモデル化

知識の金銭取引性 (PT)

我々は、利用者の相互作用に影響を与える制度設計として、質問と回答の知識取引において金銭的な報酬が行われるかといった制度に着目し、これをモデル化する。Q&A コミュニティは、金銭的な報酬によって質問と回答の取引をおこなう場合と、謝意の表明など非金銭的なやりとりによる場合がある。そこで、このような知識取引における金銭的な報酬のやり取りの程度を、知識の金銭取引性 PT (pecuniary transaction) という 0 から 1 の実数値によって表現する。

$$0 \leq PT \leq 1$$

3.4 利用者の効用のモデル化

我々は、先行研究と実際の Q&A コミュニティの利用行動をふまえ、利用者である質問者・回答者の利用動機を、質問・回答のやり取りといった相互作用から得られる長期的な効用 (互酬性) として捉え、これをモデル化する。具体的には、質問者 i と回答者 j の知識取引における効用の式を以下のように定式化する。

質問者の効用 (U^Q)

$$U^Q_i = B - P^Q - C^Q \\ = \alpha^Q \text{match}(\text{Prop}^Q_i, \text{Info}^A_j) - PT - \beta^Q \text{Effort}^Q_i \dots (1)$$

式(1)における質問者 i の効用 U^Q_i は、回答から得られる役立ち利得 B から、回答へのお礼にかかる返報コスト P^Q を引き、さらに質問を投稿することにかかる労力コスト C^Q を引いた値として表現する。ここで、役立ち利得 B は、質問者 i の知識特性 Prop^Q_i と回答者 j 回答 Info^A_j マッチ度に重み α^Q を掛けた値とする。また、返報にかかるコスト P^Q は、そのコミュニティが設定する知識の金銭取引性 PT とする。なお、質問にかかるコスト C^Q は、質問者 i の努力度 Effort^Q_i に重み β^Q を掛けたものとする。また、質問と回答のマッチ度の計算 $\text{match}(x,y)$ は、ビット列 x と y のハミング距離を正規化した 0 から 1 の実数値とする (ビット列 x と y のハミング距離 k)。

回答者の効用 (U^A)

$$U^A_j = P^A - C^A + S \\ = \alpha^A PT - \beta^A \text{Effort}^A_j + S \dots (2)$$

式(2)における回答者 j の効用 U^A_j は、質問者から得られる返報の報酬 P^A から、回答にかかるコスト C^A を引き、回答をすること自体の利得を意味する援助性 S を足した値として表現する。

ここで、返報報酬 P^A は、質問者 i から得られる返報 P^Q に重み α^A を掛けた値とする。また、回答にかかるコスト C^A は、回答者の努力度 Effort^A_j に重み β^A を掛けた値とする。

なお、重み $\alpha^Q, \beta^Q, \alpha^A, \beta^A$ は、そのコミュニティに参加する利用者の共通的な特性を表現する重み係数とする (基本値は 1.0)。

3.5 利用者の離脱・参入のモデル化

実際の Q&A コミュニティにおいては、特定のユーザの限定的な利用だけでなく、参加するモチベーションが低くなったユーザの離脱や、新たな利用者の参入といった現象が起こりうる。本稿では、このような現象を表現するために、参加する動機が低くなったユーザ、つまり Q&A コミュニティにおいて獲得できる利得が低くなったユーザは離脱して、新たなユーザと入れ替わるといった現象をモデル化する。具体的には、質問者と回答者それぞれにおいて、直近の利得を累計し、獲得利得の低い下位のいくらかのユーザが新規のユーザと入れ替わることでこれを表現する。

4. エージェントシミュレーション実験

本節では、Q&A コミュニティにおける報酬制度設計の違いが、質問・回答に与える影響を分析することを目的としたシミュレーション実験を行う。具体的には、Q&A コミュニティの制度設計として、質問・回答の知識取引における報酬の金銭性の程度の違いが、質問に対する回答のマッチングの質、回答の数にどのような影響を与えるかをシミュレーション実験によって分析する。

4.1 シミュレーションステップ

以下の Step1 ~ Step3 を、シミュレーションの終了期間まで繰り返す。

Step1. 行動選択

- 質問者は、質問をコミュニティに投稿する
- 回答者は、コミュニティ上の質問に対して自身から見たマッチ度と質問者の返報閾値をもとにして、その質問に回答すべきかを決定する。具体的には、質問ビット列と自身の知識ビット列とのマッチ度と、質問者の返報閾値の値とを 1:1 の割合で考慮し、これが自身の回答閾値を超えた質問に対して回答を行う
- 質問者は、集まった回答に対して返報するかどうかを、自身から見たマッチ度の計算をもとに、返報閾値を超えた回答に対して返報を行う

Step2. 利得計算

- 質問と回答者は、3.4 項であげた式(1),(2)をもとに、それぞれ利得 U^Q, U^A を得る

Step3. 離脱・参入

- 質問者と回答者は、直近 X 期の総利得を累計し、下位 $Y\%$ の利用者はコミュニティから離脱する
- 離脱で減った利用者数だけ、質問者と回答者に新規利用者を投入する

4.2 実験設定

実験で用いたパラメータ表 1 に示す。

表 1：シミュレーション実験パラメータ

パラメータ		実験で用いた値
環境	シミュレーション期間 t	500
	エージェント数 n	100
	エージェントの Q と A の比率	1:1
	エージェントの直近利得の累計期間 X 期	5
	各期のエージェントの離脱割合 (直近の利得の下位 $Y\%$ のエージェント)	10%
コミュニティ制度	知識の金銭取引性 PT	[0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0]
エージェント共通特性	Q の役立ち利得の重み α^Q	1.0
	Q の質問コストの重み β^Q	1.0
	A の返報利得の重み α^A	1.0
	A の質問コストの重み β^A	1.0
	A が援助性を持つ確率	0
	A の援助性利得の定数値 S	0
	Q と A の知識特性のビット列 k	10
	Q と A の知識特性の分布	[一様ランダム]
エージェント固有特性	Q の努力・誠実さ特性 $Effort^Q$ (0~1.0)	[一様ランダム]
	Q の返報閾値 Th^Q (0~1.0)	[一様ランダム]
	A の努力・誠実さ特性 $Effort^A$ (0~1.0)	[一様ランダム]
	A の回答閾値特性 Th^A (0~1.0)	[一様ランダム]

なお、シミュレーション実験の結果は、乱数のシードを変化させた 10 回のシミュレーション試行の平均値を結果とした。

4.3 実験結果

図 1 は、知識の金銭取引性 PT を変化させたときの、一つの質問に対する回答の質 (質問者の知識と回答とのマッチ度のユーザ平均) と、集まった回答数 (ユーザ平均) の結果である。この結果より、知識の金銭取引性 PT が小さいコミュニティ制度 (知識取引において謝意の表明などの非金銭的なやりとりが行われる制度) では、回答数は高いが、回答の質は低い結果となった。逆に、 PT が大きいコミュニティ

制度 (知識取引においてポイントなどの金銭的な報酬がやりとりされる制度) では、回答数は低くなるが、回答の質は高くなるコミュニティが形成された。

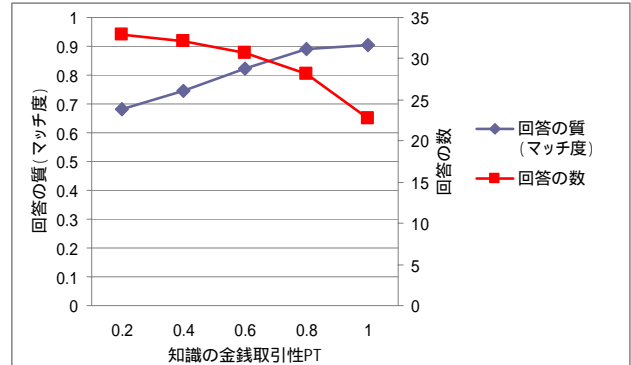


図 1：知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の回答の質 (質問者の知識と回答との平均マッチ度) と、1 質問への回答数のユーザ平均

図 2 は、知識の金銭取引性 PT を変化させたときの質問者が回答に返報するかどうかの返報閾値 Th^Q と、回答者が質問に回答するかどうかの回答閾値 Th^A の結果である (ユーザ平均)。この結果、 PT が小さいコミュニティ制度の場合においては、質問者と回答者ともに閾値は中間の利用者が得をするコミュニティが形成されているが、逆に PT が大きいコミュニティ制度になると、返報閾値が高い回答者 (マッチした回答にしか返報しない回答者) が得をするコミュニティが形成された。

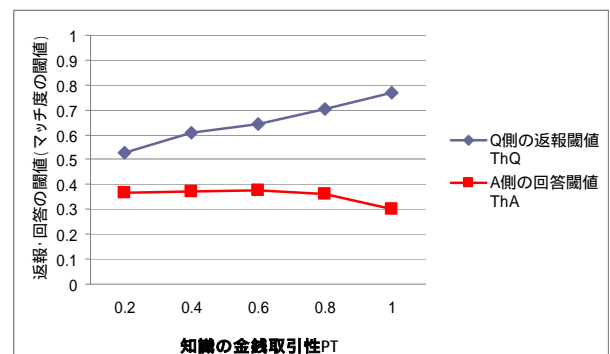


図 2：知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の返報閾値 Th^Q と、A 側の回答閾値 Th^A のユーザ平均

図 3 は、知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の質問努力 $Effort^Q$ と、A 側の回答努力 $Effort^A$ の変化の結果である (ユーザ平均)。この結果、知識の金銭取引性 PT が小さいコミュニティ制度の場合には、回答努力の低い回答者 (コストをかけてまで質

問に対応する回答は行わない回答者)が得をするコミュニティが形成されており、逆に PT が大きいコミュニティ制度では、回答努力の高い回答者(コストをかけて質問に対応する回答を行う回答者)が得をするコミュニティが形成された。

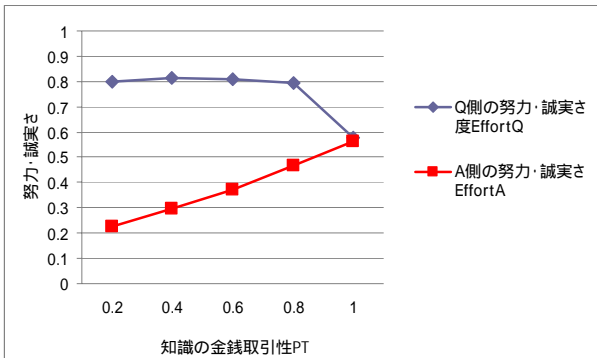


図3：知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の質問努力 $Effort^Q$ と、A 側の回答努力 $Effort^A$ のユーザ平均

図4は、知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の効用 U^Q と、A 側の効用 U^A の結果である(ユーザ平均)。この結果より、質問者においては、 PT が小さいコミュニティ制度の下で最も高い利得を得ており、 PT が大きなコミュニティになるほど得られる利得は減少している。一方、回答者においては、 PT の値が 0.6 のコミュニティ制度の下で最も高い利得を得る結果となった。

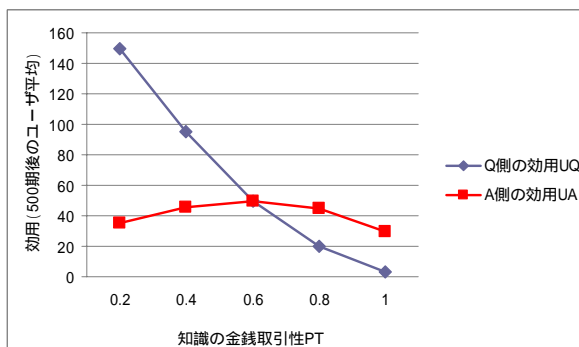


図4：知識の金銭取引性 PT を変化させたときの Q 側の効用 U^Q と、A 側の効用 U^A のユーザ平均

5. 考察

図1の結果より、知識取引に金銭的報酬の制度がある場合とない場合とで、回答の質と数に違いがあることが示された。具体的には、知識の金銭取引性 PT が小さいコミュニティ制度、つまり知識取引において謝意の表明などの非金銭的なやりとりが行われ

る制度の下においては、マッチング数は高くなるが、回答の質は低いコミュニティが形成される結果となった。逆に、 PT が大きいコミュニティ制度、つまり知識取引においてポイントなどの金銭的な報酬がやりとりされるコミュニティ制度の下では、マッチ数は低くなるが、回答の質は高くなるコミュニティが形成されることが分かった。本モデルにおける知識の金銭取引性 PT が高いということは、質問者の支払う返報コストが高くなることである。そのため、 PT が高い場合においては、質問者は質の高い(マッチ度の高い)回答にのみ返報することになり、結果として、回答数は少なくなるが、回答の質は高く(マッチ度が高く)なるといった結果に繋がったと考えられる。

この結果は、実際の Q&A コミュニティにおける報酬制度とその現状をふまえたとき、ある程度対応した結果であるといえる。例えば、Yahoo!知恵袋では、回答に対してお礼の言葉で返報するといった、知識取引において金銭的なやりとりは行われないコミュニティ制度を用いており、結果的に質問者・回答者が気軽に発言できる場を形成させ、より多くの回答を集めている。また、人力検索はてなでは、質問者が回答の質が高いと思ったユーザに対し、高いポイント(換金性のあるポイント)を支払うといった、知識取引に金銭的やりとりを行うコミュニティ制度を用いており、結果的に Yahoo!知恵袋のように素早い回答がいくつも集まるわけではないが、一定の質を保った回答を集めている。このようなことから、我々が提案したモデルが、これらの実際のコミュニティにおける知識の金銭取引性の制度の違いによって発展の特徴が異なることを表現できるモデルであることが示された。

また、図2と図3の結果は、図1のコミュニティの発展の違いが、どういうメカニズムで起こっているかを理解する上での有用な結果である。例えば、図2において、 PT が高くなるほど、Q 側の返報閾値が高くなるコミュニティが形成されているが、これは、 PT が高い場合では Q 側はマッチ数が多くなるほど返報に高いコストがかかるため、マッチングが少なくなるような特性(よりマッチした質問にしか返報は行わない特性)を持った質問者への淘汰が働いた結果であると考えられる。そして、図3における A 側の回答努力度 Ea も、そのような Q 側の返報閾値に対応させるために回答努力 $Effort^A$ の高い回答者への淘汰につながったと考えることができる。このようなメカニズムにより、結果的に PT の高いコミュニティ制度において回答の質が高くなったと理解することができる。

図4の結果は、Q&A コミュニティの制度設計を検

討する上で有用な判断材料になりうる結果である。Q&A コミュニティの活性化・発展といったことを考えたとき、知識を提供してくれる回答者の存在は必要不可欠である。そのため、回答者の参加動機をいかに高めるかといった点からコミュニティの制度設計を検討することは重要な検討要素の一つである。この点から図4の結果をみると、回答者の利得を最も高める知識の金銭的取引のコミュニティ制度は、PTが0.6程度で設定することが重要であることが示されているため、このような知識の金銭的取引制度を設定することが回答者の効用という観点におけるコミュニティの活性化・発展において重要な要素の一つになりうるということが新たな知見の可能性としていえるだろう。ただ、結果の妥当性については、実際のQ&Aコミュニティにおける事象との比較もふまえたより詳細な検証が必要であろう。

本稿における研究の限界について述べる。本稿では、報酬制度設計に焦点をあてた分析を目的としたため、質問者・回答者と役割を限定させたモデルとした。しかし、実際のQ&Aコミュニティにおいては、質問と回答を両方向利用ユーザーも存在している[三浦08]。コミュニティの発展という点に注目した場合、知識を受容するだけの質問者が、知識提供者である回答者側にまわるといった利用者の利用行動の変化といったプロセスも重要な要素であると考えられる。また、本稿では利用者のコミュニティへの参加について、効用が低いユーザは別のQ&Aコミュニティに移るといったモデルとした。しかし、実際には同様のコミュニティがない場合などにおいて、そのコミュニティ内で利用者自身が学習するといったプロセスも考えられる。このような観点に対するモデル化についても検討するといったアプローチも重要であると考えられる。

6. 結論・今後の課題

本稿では、知識共有コミュニティにおける制度設計の違いが、利用者同士のコミュニケーションといった相互作用にどのような影響を与え、それがサイトの発展にどう繋がるかを理解するうえでの知見を得ることを目的に、知識共有コミュニティの一つであるQ&Aサイトを対象に、質問者と回答者の相互作用である知識取引をモデル化した。そして、コミュニティの相互作用に影響を与える制度設計として、質問と回答の知識取引において金銭的な報酬が行われるかといった点に着目し、この制度の違いが質問に対する回答の質、質問にマッチングする回答の数にどのような影響をあたえるかを、エージェントシミュレーションの実験によって分析した。この結果、知識の金銭取引性PTが小さいコミュニティ制度、つ

まり知識取引において謝意の表明などの非金銭的なやりとりが行われる制度の下においては、マッチング数は高くなるが、回答の質は低いコミュニティが形成される結果となり、逆にPTが大きいコミュニティ制度、つまり知識取引においてポイントなどの金銭的な報酬がやりとりされるコミュニティ制度の下では、マッチ数は低くなるが、回答の質は高くなるコミュニティが形成されることが分かった。また、シミュレーション結果と、実際のQ&Aコミュニティにおける報酬制度設計とその現状の比較により、提案したモデルが、Q&Aコミュニティにおける報酬制度設計の影響を説明できるモデルとなる可能性を示した。さらに、知識共有コミュニティの制度設計という観点において、知識の金銭的取引の制度設計の方針として、この値が高すぎず、かつ低すぎない程度で設定することが、回答者のモチベーションを高め、サイトの活性化・発展において重要であるという知見の可能性を示した。

今後の課題として、モデルと結果の妥当性について、実際のQ&Aコミュニティにおける事象との比較もふまえた検証を行う必要があると考えている。また、今回の実験では用いなかった援助性などの他のパラメータの影響についても検討し、報酬制度以外でのコミュニティの発展の要素についても分析していきたいと考えている。

参考文献

- [Hinds 08] Hinds, D. and Lee, R. M.: Social network structure as a critical success condition for virtual communities, in *Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS'08)*, pp.323, Jan (2008)
- [Koch 04] Koch, S.: Profiling an open source project ecology and its programmers, *Electronic Market*, Vol.14, No.2, pp.77-88 (2004)
- [Lin 07] Lin, H., Fan, W., Wallace, L. and Zhang, Z.: An empirical study of web-based knowledge community success, in *proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS'07)*, pp.178c, Jan. (2007)
- [三浦 08] 三浦麻子, 川浦康至: 人はなぜ知識共有コミュニティに参加するのか: 質問行動と回答行動の分析, *社会心理学研究* Vol.23, No.3, pp.233-245, (2008).
- [鳥海 08] 鳥海不二夫, 石田健, 石井健一郎.: 小規模 SNS のモデル化と活性化シミュレーション, *電子情報通信学会論文誌, B* Vol.J91-B No.4 pp.397-406 (2008)
- [Wu 07] Wu, J., Holt, C. R. and Hassan, A. E.: Empirical Evidence for SOC Dynamics in Software Evolution, *The 23rd IEEE International Conference on Software Maintenance* (2007)
- [山田 08] 山田和明, 中小路久美代, 山本恭裕: オンラインコミュニティにおけるインセンティブメカニズムのモデル化, *合同エージェントワークショップ& シンポジウム 2008 (JAWS-2008)*, (2008)