

知識共有サイトにおける共創プロセス分析のための 学習エージェントアプローチ

Learning Agent Approaches for Analyzing to Collective Creation Processes
of Knowledge Sharing Sites

山田和明*1

Kazuaki Yamada

中小路久美代*2

Kumiyo Nakakoji

山本恭裕*3

Yasuhiro Yamamoto

*1 東洋大学

Toyo University

*2 (株)SRA

SRA, Inc.

*3 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

This paper proposes the multiagent simulation that uses the learning agents to analyzing collective creation process of knowledge sharing sites. Knowledge sharing sites are composed of users who want to make contents and users who want to view contents. We think that the complex interactions among users who have various aims contribute sustainable development of knowledge sharing sites. In this paper, we simulate how the number of contents and the level of user's motivation change by the interactions among users.

1. はじめに

動画共有サイトや Q&A サイトといった知識共有サイトでは、作ったコンテンツをみんなに見てもらいたい人や、人気のコンテンツを閲覧したい人など、多様なユーザが参加している。既存の知識共有サイトでは、すべてのユーザの活動履歴を記録し、再生回数やランキング情報としてユーザにフィードバックすることで、コンテンツ作成者の創作意欲を高めたり、ユーザが所望するコンテンツを発見するのを助けている。このように知識共有サイトでは、導入された制度によってユーザ間に緩やかなインタラクションが形成され、すべてのユーザ活動が他のユーザへの何らかの貢献活動に変換されている [山田 09]。

知識共有サイトにおけるユーザ間のインタラクションは大規模で複雑かつ時間をかけてダイナミックに変化する。個人の時間的変化に着目しても、系全体の推移を理解することは難しく、また知識共有サイトのある時間におけるスナップショットをとって解析しても、個と系との間の時間的推移における関連をみることは難しい。本研究では、知識共有サイトにおける複雑なユーザ間のインタラクションをモデル化し、2. 章で紹介するマルチエージェントシミュレーション (図 1) によりユーザ間のインタラクションの発展過程を表現したいと考えている。

例えば、ユーザがコンテンツを作成したり、コンテンツを閲覧することを、図 1 のようにエージェントがゴールに到達することとして表現する。また、ユーザがコンテンツを作成するモチベーションや、作ることで得られる喜び、あるいはユーザがコンテンツを閲覧して得る嬉しさといったものを、エージェントがゴールに到達すると与えられる報酬として表現する。この方法では、コンテンツの生産者とコンテンツの消費者といった、ユーザ間のインタラクションも表現することができる。知識共有サイトでは、ユーザがコンテンツを作成すると共有コンテンツが増え、その結果、他のユーザがコンテンツを閲覧する機会が増える。また、ユーザがコンテンツを閲覧すると、そのコンテンツを作成したユーザの創作意欲が高まる、といったユーザ間のインタラクションが観察される。このようなユーザ間のインタラクションを、エージェントがゴールすると他方のエージェントのゴールを大きくしたり、エージェントがゴール

すると他方のエージェントの報酬を高くするといった関係付けで表現することができる。

本研究では、このような、ユーザ間のインタラクションをエージェントのゴールの大きさやゴールの色といった物理的な量として可視化することで、コンテンツの消費者と生産者の関係によってウェブ上のコンテンツの量がどのように変化し、消費者と生産者の活動はどのように発展していくのかといったことを理解したいと考えている。

本稿では、次章において知識共有サイトのユーザ活動をモデル化し、マルチエージェントシミュレーションに実装する方法について説明する。そして、3. 章において計算機実験をおこなう。最後に本研究のまとめと今後の展望について述べる。

2. マルチエージェントシミュレーション

本章では、知識共有サイトにおけるコンテンツを閲覧する消費者と、コンテンツを作成する生産者をマルチエージェントシミュレーションに実装する方法について説明する。

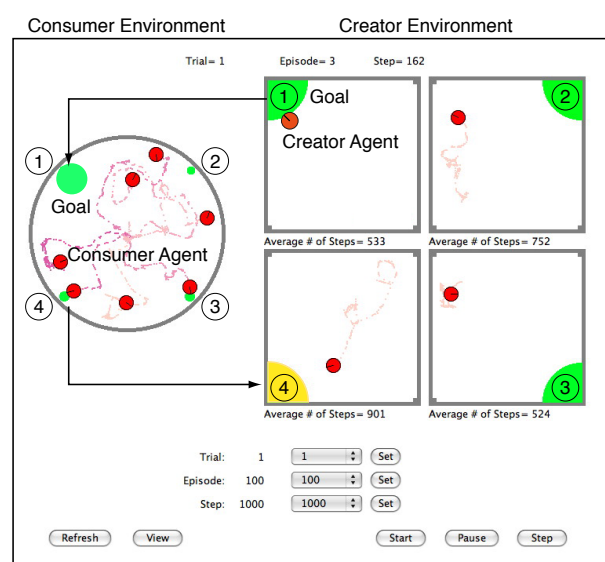


図 1: CCC シミュレーター

連絡先: 山田和明, 東洋大学, yamadak@toyonet.toyo.ac.jp

連絡先: 中小路久美代, (株) SRA, kumiyo@sra.co.jp

連絡先: 山本恭裕, 東京工業大学, yxy@acm.org

2.1 シミュレーションへの実装方法

本節では、作成したシミュレーション環境 (Consumer・Creator・Contents Simulator) について説明する (図1)。シミュレーションでは、コンテンツを閲覧する消費者エージェント (consumer agent) とコンテンツを作成する生産者エージェント (creator agent) の2種類のエージェントが存在し、今回は消費者エージェントを7人、生産者エージェントを4人と設定する。各エージェントは種類ごとに消費者エージェント環境と生産者エージェント環境に分かれて配置されている。

個々の生産者エージェントは異なる4種類のコンテンツを作成し、消費者エージェントは作成された4種類のコンテンツを閲覧するものとする。シミュレーションでは、生産者エージェントがゴールに到達すると、コンテンツを作成したと見なし、消費者エージェントがゴールに到達すると、コンテンツを閲覧したと見なす。

シミュレーションでは、個々のエージェントが環境中を一つ移動することをステップと呼ぶこととする。また、エージェントがゴールに到達するか、Mステップ探索してもゴールに到達できないとき、一旦探索を止め、初期位置に戻し、ゴール探索を再開する。これをエピソードを更新すると呼び、Nエピソードを1トライアルと呼ぶこととする。

次に、知識共有サイトの消費者と生産者をモデル化した、消費者エージェントと生産者エージェントについて説明する。

2.1.1 消費者エージェント

シミュレーションでは、消費者がサイト内でコンテンツを探索することを、消費者エージェントがゴールを探索することとして表現する。また、消費者がコンテンツを閲覧して知識や喜びを得ることを、消費者エージェントがゴールに到達したときに報酬を得ることとして表現する。

消費者がコンテンツを閲覧し終わると新しいコンテンツを探索するように、シミュレーションでは、消費者エージェントが4つのゴールのどれかに到達するか、M回探索してゴールに到達できないとき探索を止め、初期位置に戻し、ランダムに決められた方向に向かってゴール探索を再開する。

知識共有サイトでは、消費者がコンテンツを取りあわないように、消費者エージェントもゴールを取り合うといったインタラクションはしない。この他、消費者の行動履歴がログデータとして記録されるように、消費者エージェントの行動履歴を環境中の軌跡として表現している。

2.1.2 生産者エージェント

シミュレーションでは、生産者がコンテンツを作成する過程を、生産者エージェントがゴールを探索することとして表現する。また、生産者がコンテンツを作成して喜びを得ることを、生産者エージェントがゴールに到達したときに報酬を得ることとして表現する。

生産者がコンテンツを作成し終わると新しいコンテンツを作成するように、生産者エージェントがゴールに到達するか、M回活動してゴールに到達できないとき探索を止めて、初期位置に戻し、ランダムに決められた方向に向かってゴール探索を再開する。また、生産者エージェントの行動履歴を環境中の軌跡として表現している。

知識共有サイトでは、生産者同士が刺激し合い、しばしば知識共創現象が見られる [濱崎 10]。しかし今回、生産者エージェント間のインタラクションは導入していない。

2.1.3 生産者エージェントと消費者エージェントの関係

知識共有サイトでは、生産者がコンテンツを作成すると、消費者が所望するコンテンツを発見する機会が増え、一方、誰も

コンテンツを作成しないと、消費者がコンテンツを発見する機会が減る。シミュレーションでは、生産者エージェントがゴールに到達すると、そのゴールに対応する消費者エージェント環境のゴールの直径を大きくし、ゴールに到達しないと、そのゴールに対応する消費者エージェント環境のゴールの直径を小さくすることで表現する。

多くの消費者がコンテンツを閲覧すると、生産者の創作意欲が高まり、逆に誰にも閲覧されないと生産者のモチベーションが下がるといったことがよく見られる。シミュレーションでは、ゴールに到達した消費者エージェント数が多ければ、そのゴールに対応する生産者エージェント環境のゴールの報酬を高くし、到達したエージェント数が少なければ、対応するゴールの報酬を低くすることで表現する。なお、生産者エージェント環境のゴールは報酬の大きさにより色分けされており、報酬が低いときは青色、報酬が高くなるにつれて赤色となる。

2.1.4 エージェントの学習機能

各エージェントの学習機能を実現するために機械学習の一つである強化学習を用いる [Sutton 98]。強化学習では、エージェントはゴールの位置やゴール到達時に報酬が与えられるといった事前情報を何も持たない状態から学習を始める。本シミュレーションにおいて、エージェントは自身の中心座標から見たゴールの位置を入力とし、4種類の行動 (前進、後退、右旋回、左旋回) を実行することで環境中を移動する。しかし、エージェントは何の事前情報も持たないため、どのような行動をとればゴールに近づくことができるのかを知らない。そのため、エージェントは環境中をランダムに探索し、偶然ゴール到達時に与えられる報酬を基に、エージェントは中心座標のどの位置にゴールを観測したとき、どの行動を実行すると高い報酬が得られるのかを学習していく。エージェントはこの操作を繰返すことで、中心座標から見たゴールの位置において、もっとも高い報酬を得られる行動を学習し、ゴールに到達できるようになる。

3. 計算機実験

3.1 実験設定

実験では、生産者エージェントがゴールに到達 (コンテンツを作成) すると、消費者エージェントのゴールが大きくなり (閲覧できるコンテンツが増え)、消費者エージェントがゴールに到達 (コンテンツを閲覧) すると、そのコンテンツを作成した生産者エージェントのゴール到達時の報酬 (モチベーション) が上昇する、という関係をモデル化している。本稿では、消費者エージェントがゴールに到達したとき、それに対応する生産者エージェントのゴール報酬の変化を以下の3つのパターンで実験をおこなう。

- 【実験設定1】3人以上の消費者エージェントがゴールに到達 (コンテンツを閲覧) すると、生産者エージェントがゴール到達時に得る報酬 (モチベーション) が式 (1) に従って増える場合
- 【実験設定2】2人以上の消費者エージェントがコンテンツを閲覧すると、生産者エージェントがゴール到達時に得る報酬 (モチベーション) が式 (2) に従って増える場合
- 【実験設定3】1以上の消費者エージェントがコンテンツを閲覧すると、生産者エージェントがゴール到達時に得る報酬 (モチベーション) が式 (3) に従って増える場合

$$r \leftarrow r + 0.005n - 0.01 \quad (1)$$

$$r \leftarrow r + 0.01n - 0.01 \quad (2)$$

$$r \leftarrow r + 0.02n - 0.01 \quad (3)$$

ただし、 r は生産者エージェントがゴール到達時（コンテンツを作成したとき）に得る報酬であり、 n はゴールに到達した（コンテンツを閲覧した）消費者エージェント数である。

3.2 実験結果

3.2.1 実験設定 1 の結果

実験設定 1 における消費者エージェント環境のゴール直径の変化と、生産者エージェント環境のゴール報酬の変化を図 2 に示す。

図 2(a) を見ると、エピソード 10 まで消費者エージェント環境のゴール No.1 と 2 が大きくなっていることから、生産者エージェント No.1 と 2 がゴールに到達していることが分かる。しかし、図 2(c) を見ると、生産者エージェント No.0~2 はゴール到達時に得られる報酬が次第に下がっている。そのため、消費者エージェントが No.0~2 のゴールに 3 人以上ゴールしていないことが分かる。

図 2(a) を見ると、消費者エージェント環境のゴール No.2 が大きくなっていることから、生産者エージェント No.2 が少ない報酬でもゴール到達行動を学習したことがわかる。一方、生産者エージェント No.3 はゴール到達回数が少ないにも関わらず、3 人以上の消費者エージェントがゴールに到達することで、ゴール到達時に得られる報酬が保たれ、ゴール到達行動を獲得している。また、図 2(a) を見るとエピソード 70 以降、ゴールの直径が大きくなっていることが分かる。

3.2.2 実験設定 2 の結果

実験設定 2 における消費者エージェント環境のゴール直径の変化と、生産者エージェント環境のゴール報酬の変化を図 3 に示す。

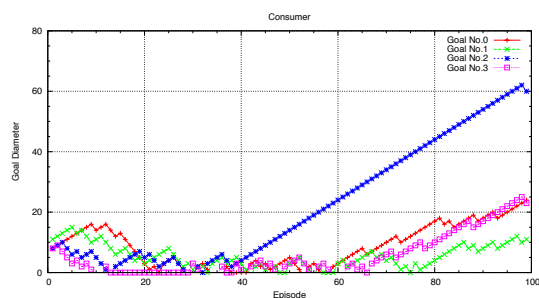
図 3(a) を見ると、生産者エージェント No.1~3 がエピソード 60 まで何度かゴールに到達することで、消費者エージェント環境のゴールが大きくなっている。しかし、多くの消費者エージェントがゴール No.3 に到達することを学習し、他のゴールに到達しなくなったため、No.3 以外の生産者エージェントのゴール報酬が次第に下がっている（図 3(b)）。生産者エージェントはゴールに到達しても高い報酬が得られないため、ゴールに到達しなくなり、その結果、消費者エージェント環境のゴールが次第に小さくなっている。

一方、生産者エージェント No.3 は、学習初期に 2 人以上の消費者エージェントがゴールしたため、ゴール報酬が高くなり、ゴール到達行動を学習している。また、生産者エージェント No.3 が何度もゴールすることで、消費者エージェント環境のゴール No.3 が次第に大きくなり、より消費者エージェントがゴールし易くなっている（図 4(c)）。

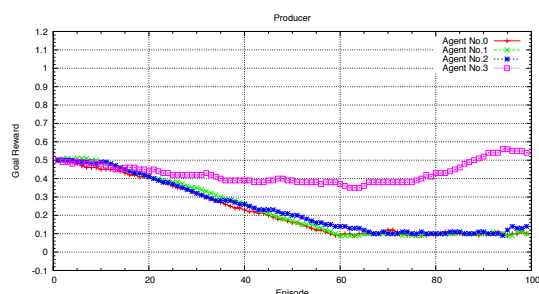
3.2.3 実験設定 3 の結果

実験設定 3 における消費者エージェント環境のゴール直径の変化と、生産者エージェント環境のゴール報酬の変化を図?? に示す。

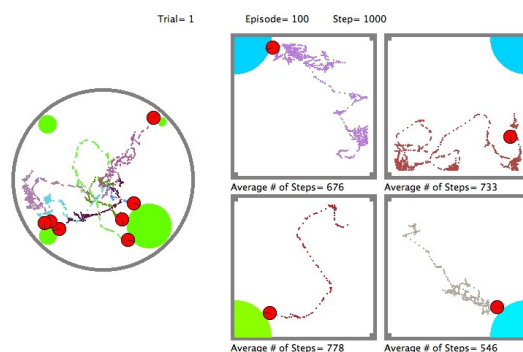
図 4(b) を見ると、エピソード 15 までは、生産者エージェント No.2 と 3 のゴール報酬が増加していることから、消費者エージェントのほとんどが No.2 と 3 のゴールに到達していることが分かる。しかしエピソード 60 では、全ての生産者エージェントのゴール報酬が高くなっていることから、少なくとも 1 人の消費者エージェントがゴール No.0~3 に到達するようになっていく。



(a) 消費者エージェント環境のゴール直径の変化



(b) 生産者エージェント環境のゴール報酬の変化



(c) エピソード 100 における学習結果

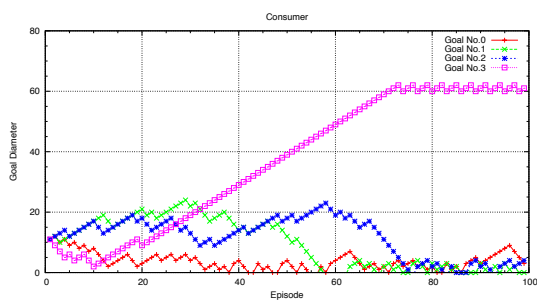
図 2: 実験設定 1

図 4(a) を見ると、エピソード 100 では、消費者エージェント環境の全てのゴールが大きくなっており、消費者エージェントがゴールに到達し易くなっていることが分かる。

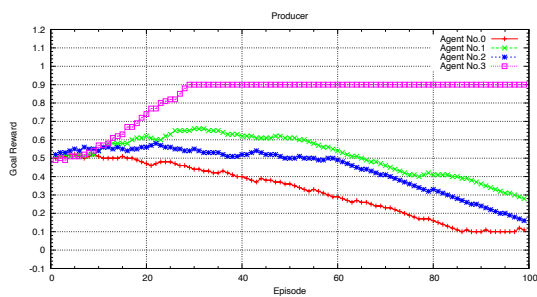
実験設定 3 では、消費者エージェントがゴールに到達（コンテンツを閲覧）することで、生産者エージェントがゴールに到達（コンテンツを作成）したときのゴール報酬（モチベーション）が高くなり、ゴールに到達（コンテンツを作成）することを学ぶ。一方、ゴールが大きくなる（コンテンツの量が増加する）ため、消費者エージェントはゴールに到達（コンテンツを閲覧）し易くなるという、良好な関係を構築している。

4. おわりに

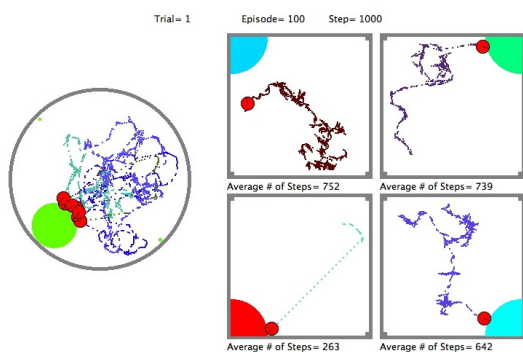
本稿では、知識共有サイトの制度によって形成されるユーザ間のインタラクションが、時間とともにどのように発展するのか、その過程を理解するために CCC Simulator を作成した。CCC Simulator では、ユーザがコンテンツを作成すると、他のユーザが所望のコンテンツを発見し易くしたり、ユーザがコンテンツを閲覧すると、そのコンテンツを作成したユーザが次回コンテンツを作成したときに得る喜びを大きくするなど、ユーザの活動が他のユーザの活動に影響するよう実装されて



(a) 消費者エージェント環境のゴール直径の変化

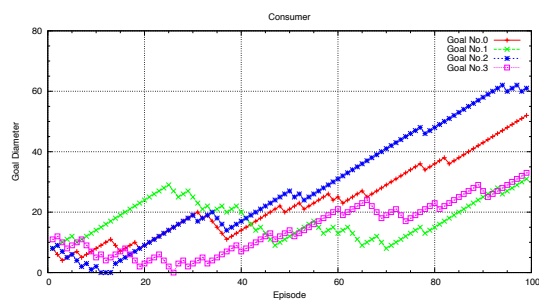


(b) 生産者エージェント環境のゴール報酬の変化

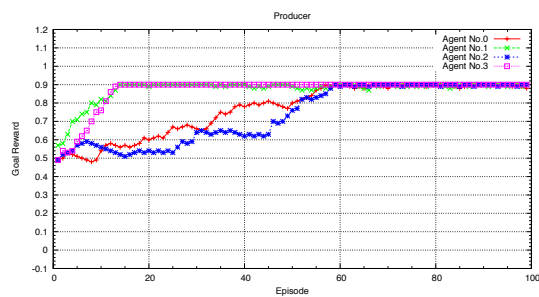


(c) エピソード 100 における学習結果

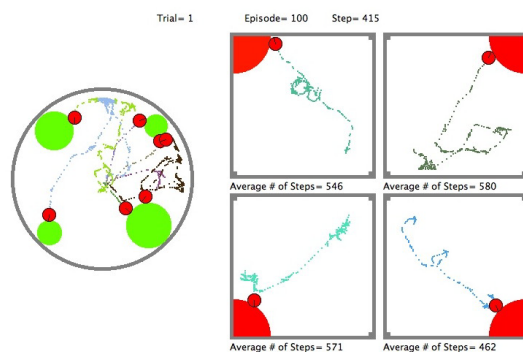
図 3: 実験設定 2



(a) 消費者エージェント環境のゴール直径の変化



(b) 生産者エージェント環境のゴール報酬の変化



(c) エピソード 100 における学習結果

図 4: 実験設定 3

いる。

計算機実験では、ユーザ間のインタラクションの強さを変えることで、作成されるコンテンツの量やユーザがコンテンツを作成したときに得られる喜びがどのように変化するかを観察した。

本稿で提案したシミュレーション環境では、コンテンツを作成したい人、コンテンツを閲覧したい人という 2 種類のユーザを仮定している。しかし、既存の知識共有サイトでは、様々な目的やモチベーションをもったユーザが参加している [三浦 06]。今後の課題として、目的やモチベーションの異なる多様なユーザ同士がインタラクションすることで、知識共有サイトにおけるコンテンツやユーザのモチベーションがどのように変化するかをモデル化し、シミュレーションに実装する予定である。

参考文献

[山田 09] 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, 人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, (2009).

[濱崎 10] 濱崎雅弘, 武田英明, 西村拓一, 動画共有サイトに

おける大規模な協調的創造活動の創発のネットワーク分析 -ニコニコ動画における初音ミク動画コミュニティを対象として-, 人工知能学会論文誌, Vol.25, No.1, SP-P, pp.157-167, (2010).

[Sutton 98] R.S.Sutton, A.G.Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, The MIT Press (1998).

[三浦 06] 三浦麻子, 川浦康至, 地福節子, 大瀧直子, 岡本真, 知識共有コミュニティを創り出す人たち, 人工知能学会全国大会, (2006).