

協調学習における掲示板ユーザの動的グループ化による 情報アクセス性の向上

井上 智雄[†] 重野 寛^{††} 岡田 謙 一^{††}

本論文では、学習者同士が教え合うタイプの協調学習における学習者集団をマルチエージェントモデルととらえて、計算機シミュレーションにより分析した。電子掲示板のように、オープンな場を利用するコミュニケーションに着目して学習者をモデル化し、その学習者集団に動的グループ化手法を適用した。その結果、手法のパラメータを適当に設定することで、学習者の欲しい情報へのアクセス性が向上することを確認した。シミュレーションから、本手法利用時の集団サイズについても示唆を得た。

Increasing Information Accessibility by Dynamic Configuration of Learners' Groups in Web-based Collaborative Learning

TOMO'Ō INOUE,[†] HIROSHI SHIGENO^{††} and KEN-ICHI OKADA^{††}

In this paper, learners in collaborative learning that learners teach each other were modeled as multi-agents, and were investigated by means of computer simulation. First a learner was modeled from the viewpoint of communication in open space such as an electronic bulletin board. Then the dynamic group configuration method was applied to the learners. As a result, it was revealed accessibility to the interesting information could be increased by appropriate parameter adjustment. Group size of learners was also suggested by the simulation.

1. はじめに

より公平で豊富な学習機会を人々に提供できる手段としてインターネット、ウェブを利用した遠隔学習に関する研究がさかんである。また、学習者個人による個別学習、学習集団全体による一斉学習と対比される、グループによる協調学習の研究がさかんに増えてきており、両者の組合せも研究されている。しかし、まだ研究の蓄積は少なく、協調学習における学習者グループについては、単純に複数の学習者をひとまとまりとして扱っている例が多い。いい換えれば協調学習の教育的効果は認識されているものの、その基本要素である学習者グループのあり方に関する研究はあまりみられない。

筆者らはこれまでに、ウェブを利用した遠隔学習環境において学習者同士が質疑応答などのコミュニケーションを効率的に行えることを目指した動的な学習者コミュニティ形成を支援する仕組みを提案している。しかし、その検証は運用の場を確保する困難もあり、提案手法を実装したウェブ掲示板

インタフェースを通じた間接的評価にとどまっている¹⁾。

本論文では、協調学習における学習者集団をマルチエージェントモデルとしてとらえる。単純な学習者モデルを用いたマルチエージェントシミュレーションを行い、これまでに提案されている学習者を動的にグループ化する手法の有効性を確認した。そしてより直接的に学習者の動的挙動を分析できることから、協調学習における学習者集団のあり方への示唆を得た。

2. 関連研究

コンピュータ能力の向上とともに 90 年代以降、経済学や人口統計学をはじめとした様々な分野で、マルチエージェントシミュレーションによる研究が活発に行われるようになった²⁾。エージェント間の何らかの相互作用を通して系全体の挙動を構成的に調べるこのアプローチには、人をエージェントとして人のコミュニケーションを扱うものも多い。

長谷川らは、流行現象において「ロコミ」と呼ばれる個人対個人の情報伝達の影響を調べる目的で、物々交換モデルによるシミュレーションを行い、特定商品に人気が集まる現象を見出した³⁾。佐藤らは、他者への信頼行動に基づいたモデルによる空間的な群れの形成について調べ、自発的にエージェントの種類が分化し群れが生じることを見出した⁴⁾。蛭川らは、うわさの伝播条件を調べるために、構成要

[†] 国立情報学研究所知能システム研究系

Intelligent Systems Research Division, National Institute of Informatics

^{††} 慶應義塾大学理工学部情報工学科

Department of Information and Computer Science, Faculty of Science and Technology, Keio University

素間の関係がランダムに結ばれている集団における情報の伝播を調べ、ほぼ全体に情報が行き渡るには各構成要素が平均3つの伝達先を持つことが必要であることを見出した⁵⁾。

以上のように、社会科学においてマルチエージェントシミュレーションは有力な研究方法と認識されてきた。協調学習の研究においては、教師役、生徒役などのエージェントの利用は研究されているが、動的挙動を調査する目的で学習者集団がマルチエージェントモデルとしてとらえられることはなかった。本研究では単純なエージェント間のコミュニケーションによる学習者モデルを用いて学習者集団のあり方を調べる。

3. シミュレーションモデル

本研究においてシミュレーションモデルを構成するために必要な部分は2つある。これは、単に外部からの影響を考慮しない人間集団の創発的性質を調べるのではなく、人間集団に対して何らかの介入を工夫することによって学習を支援する、その方法を調査、検証するためである。つまり1つは学習者のモデルであり、もう1つは学習者集団に介入するシステムのモデルである。

3.1 学習者モデル

ここでは学習者の環境として、電子掲示板のようなオープンな発言の場を想定する。遠隔の学習者が場を共有して自由に発言することができ、そこで相互に質疑応答のようなコミュニケーションを行う形の協調学習である。この環境で、学習者は掲示板にメッセージを投稿し、またそれらメッセージの中のいくつかに対して返信する。学習者にはそれぞれに興味関心という要素があり、興味のあるメッセージに対しては比較的しばしば返信するが、興味のないメッセージに対してはあまり返信しないものとする。学習者にとってあるグループに所属しているかいないか(後述)は直接コミュニケーションの多寡に影響せず、もっぱら興味に基づいて返信行動をとる。興味はある程度長期的な時間で移り変わるものとする。

3.2 システムモデル

電子掲示板により学習者同士が質疑応答などのコミュニケーションをするという状況で、システムは相互のコミュニケーション頻度が一定以上大きい者同士をまとめて(学習者)グループと見なす。また逆にグループに所属していてもその内部でのコミュニケーション頻度が小さい者はそのグループから離脱するものと見なす。グループメンバの発言はまずそのグループ内に限定して伝達することで、すべての発言を全メンバに伝達することから生じる情報過多を防止できる。グループ内メンバから回答などの適当な返信が得られない場合には、その発言をグループ外にも伝達する。これが動的グループ構成法の概略である⁶⁾。この手法を用いて、掲示板ではユーザに個別に所属グループの可視化を行った。すなわちある学習者の掲示板は自身の所属するグループのメッセージがその他のメッセージよりも画面上部の見やすい位置に表示されるようにした。

ここで本手法で用いる変数について述べる。まず、グルー

プへの加入を管理する変数としてコミュニケーションカウンタがある。これは2者間のコミュニケーション頻度を表し、ある学習者はその他すべての各学習者との間にそれぞれコミュニケーションカウンタを持つ。そしてコミュニケーションカウンタは、あるメッセージに対する最初の応答からはじめて、応答の回数を累積的に数える。これがグループ加入閾値(定数)を超えると、相手学習者とグループを形成するか、あるいは相手学習者がすでにあるグループに所属している場合はそれらのグループに加入することになる。グループ形成にともないこの2者間のコミュニケーションカウンタは0に初期化される。なおその際、他の学習者との間のコミュニケーションカウンタは初期化されない。あるグループに加入した後は、新たにグループコミュニケーションカウンタと呼ぶ、グループメンバとのコミュニケーション頻度を表す変数によって、そのグループからの離脱が管理される。この変数は各学習者が1所属グループに対して1つ持つ。グループ内のメンバとのコミュニケーション発生により加算される一方、グループ内メンバ間にコミュニケーションが発生し、それに自身がかかわらなかつた場合に対して減算される。これがグループ離脱閾値(定数)以下になると、そのグループから離脱することになる。これにともない当該グループコミュニケーションカウンタは0に初期化される。

上述のグループコミュニケーションカウンタによるグループ離脱ではメンバが2人のグループからの離脱、すなわちグループの解消には対応していないため、ペアコミュニケーションカウンタが2人のグループに対して設定されている。この変数の動作はグループコミュニケーションカウンタと類似しているが、時間の経過に応じて一定値を減じる点が異なる。このため2名の間に一定時間コミュニケーションがなければグループが解消される。

メンバが同一の複数のグループが生じた場合は、それらは統合し1つにする。その場合のグループコミュニケーションカウンタは平均をとる。

4. 学習者集団の挙動シミュレーション

4.1 シミュレーションモデルの実装

3章のモデルに従い、計算機シミュレーションを行った。プラットフォームには構造計画研究所のMAS(Multi Agent Simulator)を使用した。本プラットフォームによる実装上の構成要素を以下として設計した。

1. WORLD エージェント、2. 学習者エージェント、3. グループエージェント、4. メッセージマネージャエージェント、5. カウンタマネージャエージェント、6. グループマネージャエージェント。

WORLD エージェントは、系全体に対して制御を行うことができるエージェントであり、本シミュレーションモデルのパラメータはWORLD エージェントの内部変数である。表1に各エージェントの持つ内部変数を示す。

学習者の興味の移り変わりの表現については、興味の種類を設定し、学習者のある時点での興味はランダムにそのどれかであるとし、ステップごとに興味変化率により確率的に変

表 1 構成要素と内部変数

Table 1 Agents and their parameters.

構成要素(エージェント)	内部変数
WORLD	学習者数
	興味の種類
	興味変化率
	メッセージ発信率
	対興味ありメッセージ返信率
	対興味なしメッセージ返信率
	グループ加入閾値
	グループ離脱閾値
	ペアコミュニケーションカウンタ減少率
	学習者
	メッセージ送信フラグ
	全興味ありメッセージ数
	全興味なしメッセージ数
	グループ内興味ありメッセージ数
	グループ内興味なしメッセージ数
	コミュニケーションカウンタ
	グループコミュニケーションカウンタ
	ペアコミュニケーションカウンタ
	加入グループ
	加入グループ数
	満足度
グループ	加入学習者
	加入学習者数
メッセージマネージャ	
カウンタマネージャ	
グループマネージャ	グループ数

表 2 シミュレーション条件

Table 2 Conditions for simulation.

		条件 1	条件 2	条件 3	条件 4
学習者モデルのパラメータ	学習者数	100			
	興味の種類	10			
	興味変化率	0.01			
	メッセージ発信率	0.10			
	対興味ありメッセージ返信率	0.50			
	対興味なしメッセージ返信率	0.01			
システムモデルのパラメータ	グループ加入閾値	5	10	5	10
	グループ離脱閾値	-5	-5	-10	-10
	ペアコミュニケーションカウンタ減少率	0.10			

情報アクセス性 A

$$A = \frac{\text{グループ内興味ありメッセージ数}}{\text{全興味ありメッセージ数}} - \frac{\text{グループ内興味なしメッセージ数}}{\text{全興味なしメッセージ数}}$$

ここでメッセージ数はステップごとのメッセージ数である。情報アクセス性 A は興味ありメッセージがすべてグループ内にあるとき最大、また興味なしメッセージがすべてグループ内にあるとき最小となり、

$$-1 \leq \text{情報アクセス性 } A \leq 1$$

である。

4.3 シミュレーション結果

表 2 にここで述べる 4 つのパラメータ条件を示す。各条件は学習者モデルのパラメータは一定で、システムモデルのグループ加入閾値、グループ離脱閾値が異なる。このように学習者集団に対する制御、いい換えればシステムの介入の仕方を変えることにより、学習者に与える影響を調査した。これらの値の意味するところは、条件 1 はグループに加入しやすく離脱しやすい、条件 2 はグループに加入しにくく離脱しやすい、条件 3 はグループに加入しやすく離脱しにくい、条件 4 はグループに加入しにくく離脱しにくい、ということである。

各条件について 1000 ステップのシミュレーションを実行した。図 1, 2, 3, 4 に情報アクセス性の結果を示す。これらの図より、グループ加入基準が厳しく、離脱しやすい条件 2 において最も良い結果が得られたことが分かる。さらに、各条件における、1 グループあたりの平均構成人数を図 5, 6, 7, 8 に示す。これら図より条件 2 はグループあたり人数の点で他条件と異なることが分かる。すなわち条件 1, 条件 3 では 30 人程度まで徐々に増加しているのに対し、条件 2 では 8~10 人で安定している。また、図 4 のように条件 4 は本手法が有効となる境界付近にあると思われるが、図 8 から構成人数の点では 14 人程度であることが分かる。なお、条件 2 では 1 人の学習者は平均 1 強のグループに所属し、条件 4 では 2 つ強のグループに所属していた。

最後に、動的グループ化の有効性を他の方法と比較対照することにより検討しておく。対照する方法には 2 つある。1 つはグループ化を行わない、人間集団に対するシステム介入を行わない方法である。この場合はグループが存在しない

化するものとした。ここで、シミュレーションで用いる離散時間 1 単位を 1 ステップと呼ぶこととする。各学習者の発信するメッセージは、その時点での学習者の興味が反映されているものとする。つまり、ある学習者にとっては、同一の興味を持つ学習者が発信したメッセージが「興味ありメッセージ」であり、返信行動をとる確率が高い。

実装上は、学習者数と同数の学習者エージェントを生成し、メッセージ発信率に応じて確率的にメッセージ送信フラグを立てることでメッセージ発信を表現する。このフラグを数えることで、各学習者の興味ありメッセージ数などが決定される。

4.2 評価基準

提案手法を用いたウェブ掲示板システムでは、目につきやすい掲示板上部に所属グループメンバのメッセージが表示される。ここで効率的な質疑応答につながる要因となる、興味ありメッセージへのアクセス性について検討する。本手法で、所属グループ内の興味ありメッセージの割合が大きいと、興味ありメッセージへアクセス性は高まり、返信によって発生するコミュニケーションは所属グループ内に閉じて、グループ外のメンバが多くのおもしろくないメッセージにさらされる割合が減る。システム面からも同様で、所属グループ内の興味ありメッセージの割合が大ききことは、興味ありメッセージが目立つ部分に表示されるという点でアクセス性が高まり、反対に所属グループ内の興味なしメッセージの割合が大ききことは、興味ありメッセージをその中に埋もれさせることになりアクセス性を低める。

そこでこの情報アクセス性を次のように定義する。

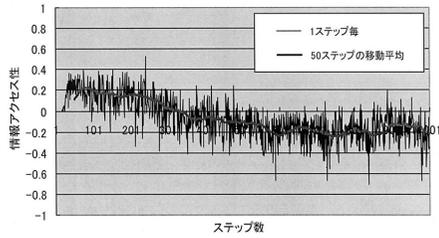


図 1 情報アクセス性変化 (条件 1)

Fig. 1 Information accessibility (condition1).

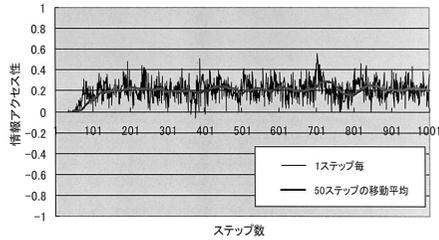


図 2 情報アクセス性変化 (条件 2)

Fig. 2 Information accessibility (condition2).

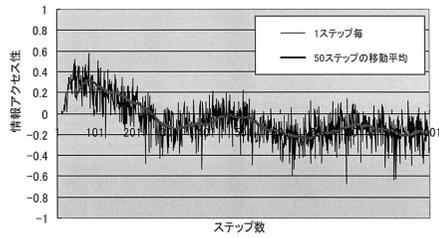


図 3 情報アクセス性変化 (条件 3)

Fig. 3 Information accessibility (condition3).

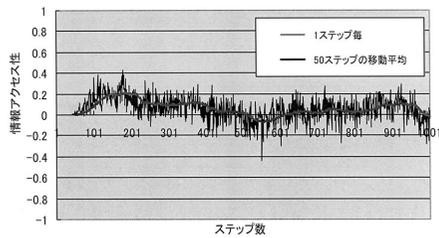


図 4 情報アクセス性変化 (条件 4)

Fig. 4 Information accessibility (condition4).

め、情報アクセス性 $A \equiv 0$ である。もう一つは静的グループ化を行う方法である。何らかの方法で 1 度グループを構成したらその構成を変化させないことになる。この場合、グループ構成が学習者の興味の移り変わりに対応しないため、静的グループ化もいずれグループが存在しない場合と等価になり、情報アクセス性 A は 0 に収束する。たとえば、上述の条件 2 と学習者モデルのパラメータ、グループ加入閾値が同一であるが、グループ離脱を生じず 1 グループの最大人数を図 6 を参考に 9 人とした、条件 2 に近い静的グループ化条件でのシミュレーションの情報アクセス性は図 9 のよう

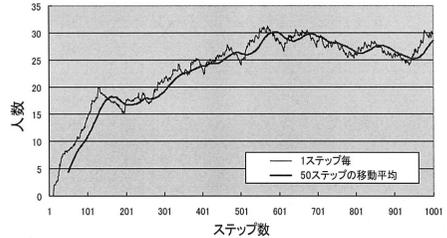


図 5 1 グループ平均人数 (条件 1)

Fig. 5 Average size of a group (condition1).

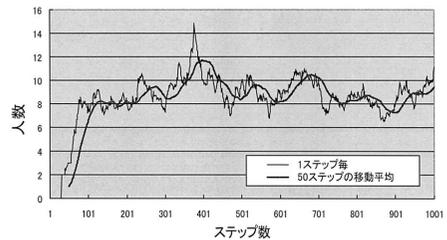


図 6 1 グループ平均人数 (条件 2)

Fig. 6 Average size of a group (condition2).

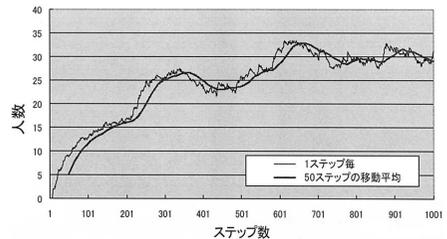


図 7 1 グループ平均人数 (条件 3)

Fig. 7 Average size of a group (condition3).

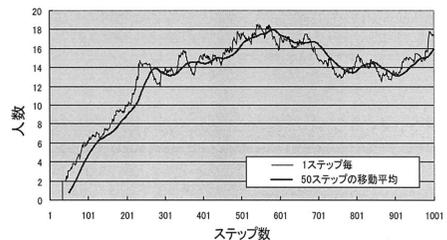


図 8 1 グループ平均人数 (条件 4)

Fig. 8 Average size of a group (condition4).

である。シミュレーション初期のグループが形成される段階では条件 2 の結果と同様であるが、その後徐々に値が 0 になることが分かる。

以上の検討から、条件 2 のようにパラメータを適切に設定した動的グループ化により、情報アクセス性をいずれの場合よりも向上させることができることが分かる。

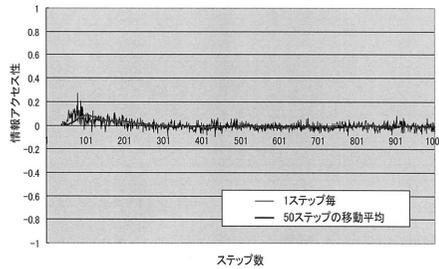


図9 情報アクセス性変化(静的グループ化)

Fig.9 Information accessibility (static group).

5. ま と め

本論文では、電子掲示板のようなオープンな発言の場を利用する学習者同士の質疑応答コミュニケーションをモデル化し、動的グループ化手法によるシステム介入を適切に行うことによって情報アクセス性を向上させられることを、学習者集団をマルチエージェントモデルとしてとらえたシミュレーションにより確認した。またその場合には1グループあたりの学習者数があまり多くなく、1人の学習者は多くのグループには所属していないことが分かった。モデルで設定した個々のパラメータの影響をすべて調べるには至っていない点は今後の課題である。

本論文では、想定するコミュニケーション形態の分かりやすい例として協調学習の1つの形を取り上げたが、ここでの議論は、同様のネットワークコミュニケーション一般についてあてはまるものである。したがって、ネットワーク上のコミュニティのあり方として個人対個人の関係だけでなく実社会の持つより立体的な関係性も含めて考えるという意味の、「実社会指向ネットワークコミュニティ」の構築に資すると

思われる。

謝辞 本研究にご協力いただいた神野敬行氏に深謝いたします。本研究の一部は平成14年度笹川科学研究助成の支援によるものです。

参 考 文 献

- 1) 井上智雄, 神野敬行, 岡村拓朗, 岡田謙一: 緩やかな協調学習のためのネットワーク上での社会関係の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3395-3406 (2002).
- 2) 服部正太, 木村香代子(訳): 人工社会複雑系とマルチエージェント・シミュレーション, 共立出版, 東京 (1999).
- 3) 長谷川敦士, 植田一博: 人工社会における流行の発生と消滅—インターネット上のコミュニケーションにおける情報伝播の影響, 認知科学, Vol.8, No.4, pp.417-430 (2001).
- 4) 佐藤 尚, 橋本 敬: マルチエージェント・システムにおけるリーダーおよび群れの創発, 情処研報知能と複雑系 123-5, pp.25-30 (2001).
- 5) 蛭川 繁, 服部進実: うわさモデルにおける情報の伝播について, 情処研報知能と複雑系 117-11, pp.73-78 (1999).
- 6) 神野敬行, 井上智雄, 岡村拓朗, 岡田謙一: ウェブ利用個別学習における電子掲示板利用に基づく学習者グループの構成, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, No.65, pp.7-12 (2002).

(平成15年4月21日受付)

(平成15年9月5日採録)