

ネットワークのトポロジーと規模にロバストな複数エージェント間情報共有

石井 将文*¹
Masafumi Ishii

高野 諒*²
Ryo Takano

山崎大地*³
Daichi Yamazaki

高玉圭樹*⁴
Keiki Takadama

*¹ *² *³ *⁴ 電気通信大学情報理工学研究科総合情報学専攻
The University of Electro-Communications
Graduate School of Informatics and Engineering
Department of Informatics

In this paper we propose methods for opinion sharing which prevent for agents to over-learn wrong information. Specifically, we introduce limitation for agent's belief which represents which opinion it is inclined. Using our methods, agents can flexibly change its opinion which improves team accuracy than previous method.

1. はじめに

群ロボットや人間の集団が情報を共有する場合、少ない情報源から正しい情報を選び分けて、集団のメンバーに情報を伝搬し共有することは重要な問題である。このような場合、次のような状況が考えられる: (1) 情報にアクセスできる者とできない者が存在し、(2) 情報源からの情報の白黒が保証されないような状況である。このような場合においても集団の構成員が正しい情報の共有が可能な情報共有法の開発のためにマルチエージェントシステムを用いた意見共有問題が提案されている。しかし、この意見共有問題における従来手法による情報共有は、個体数が 1000~2000 といった大規模な集団では高い情報共有率を誇るが、個体数が 100 程度の小規模な集団において間違えた情報が伝搬されやすいという問題がある。そこで、本研究では従来手法の問題点を解析し、それを改善する手法を提案する。具体的には、従来手法においては情報の過学習が行われてしまっていることが明らかになったため、エージェントの過学習を防止し、状況に合わせて柔軟に意見を変更可能な手法を提案する。

2. 意見共有問題

Glinton らは、情報源にアクセスできる者が限られ、情報の真偽も保証されないような状況を意見共有問題としてモデル化した[1]。このモデルの中でエージェントの目的は、外部で定められた命題の真偽(ここでは「白」か「黒」か)を判断し自分の意見をもつことである。評価指標として、集団の中で正しい意見を持つものの割合(正解率 R)を用いる。このモデルでは図 1 に示すように、エージェント同士はリンクでつながれ、ネットワークを構成する。エージェントは、リンクでつながっている近隣エージェントとのみ命題の白黒に関する自分の意見を通信する。

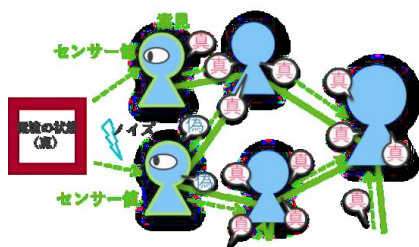


図 1. システムの構成

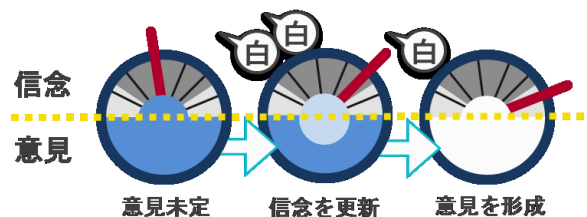
2.1 エージェントの内部状態

エージェントは、内部状態として信念値 P_i とよばれる実数値をもつ。これは、エージェントがどちらの意見に傾いているかを示す値で、エージェントは P_i に近づくほど「黒」、 P_i に近づくほど「白」の可能性が高いと思っていることになる。エージェントは、近隣エージェントの意見やセンサによる観測を得ると信念値を更新する。信念値が上下の閾値を超えると意見が変更され、同時に意見を近隣エージェントに伝える。この様子を図 2 に、信念の更新式を式(1)に示す。

$$P_i = \frac{c_{upd} P_i}{(1 - c_{upd})(1 - P_i) + c_{upd} P_i} \quad (1)$$

$$\text{where } \begin{cases} c_{upd} = t_i & \text{if } o_j = \text{white} \\ c_{upd} = 1 - t_i & \text{if } o_j = \text{black} \end{cases}$$

ここで、 P_j は他のエージェントの意見、 c_{upd} は信用度である。信用度とは、近隣エージェントの意見をどれほど自分の信念に反映するかをあらわす。この信用度を、エージェント毎に適切に調節した場合、意見の正解率を上げること



ができる。

図 2. 信念と意見の関係

3. 従来手法: AAT(Autonomous Adaptive Tuning)

Prymak らは意見共有問題の上で、信用度を適切に選択することにより大規模な集団でより多くのエージェントが正しい意見に集約する手法を提案した。

各エージェントは集団の正解率 R を高めるために、AATというアルゴリズムを用いて信用度を調整する。AATは以下の 3 つのステップによって構成される: (1) 信用度の候補の絞り込み、(2) 各候補について意見収束率の推定、(3) R に近い意見収束率をもつ信用度の選択。(1)がよいことがわかっている。)これら 3 つのステップにより、エージェントは適切な信用度を求めることができる。

3.1 AAT の問題点

しかし AAT では、エージェントが一度意見を決めた後も信念値を更新し、その値が 0 や 1 に極端に近づいてしまい(過学習), 決定した意見をその他の意見に変えることがほぼ不可能になっている。その結果、特に小規模集団において、集団に間違っただけ情報が伝搬されたままになってしまい集団の正解率が下がってしまう。

4. 提案手法

AAT の問題点を踏まえて、次の手法を提案する。すなわち、【手法 A】全エージェントの信念値に制限を設け過学習を防ぐ手法、【手法 B】手法 A をセンサーエージェント以外に適用する方法である。

4.1 【手法 A】LimitedBelief

手法 A では、エージェントの過学習を防止するために信念値が閾値を超えたらそれ以上信念を更新しないようにする。過学習が行われないことによって意見の撤回が可能になり、間違っただけ意見に収束しても正しい意見に訂正可能になる。その結果、集団の正解率が向上することが予想される。図 3 には、手法 B による信念値の動きが図示されている。

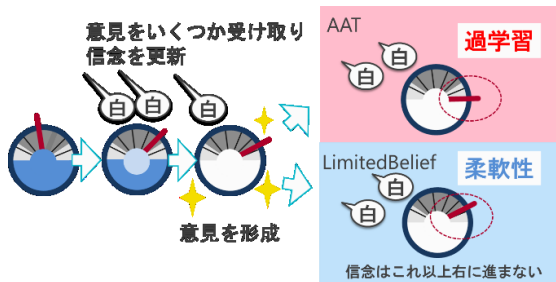


図3 信念と意見の関係

4.2 【手法 B】PartialLimitedBelief

手法 A では、全エージェントが柔軟に自分の意見を変えることが可能であるため、集団の意見が安定しない可能性がある。そこで、手法 B は、信念値に対する制限をセンサーエージェントに対しては設けないという手法である。その結果、センサーエージェントの意見がぶれにくいいため、手法 A のみに比べて結果が安定することが予想される。

5. 実験

はじめに、手法 A について実験を行った。エージェント数が 100 から 2000 までのスモールワールドネットワーク (■) を用いている。

図 4 は、横軸は集団サイズ、縦軸は正解率を表している。括弧内の数字はパラメータ ■ の値である。

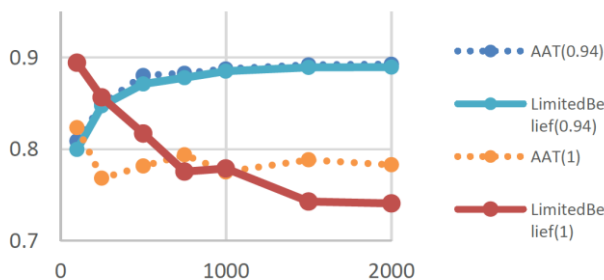


図4 手法 A と従来手法の比較

手法 A において、■としたとき、従来手法が苦手とする小規模集団において高い正解率を得ていることがわかる。これは、意見の訂正が行われる可能性が高いからである。

図 5 は、横軸をステップ数としてエージェント集団内の意見の割合を示した図である。従来手法においては、一度集団に間違っただけ意見が広まるとそれが覆されることはないが、提案手法 A を用いると、意見の訂正が行われ、結果的に正しい情報が伝搬していることがわかる。しかし、手法 A ではこのような撤回現象は小規模な集団でしか起こらないことがわかっている。

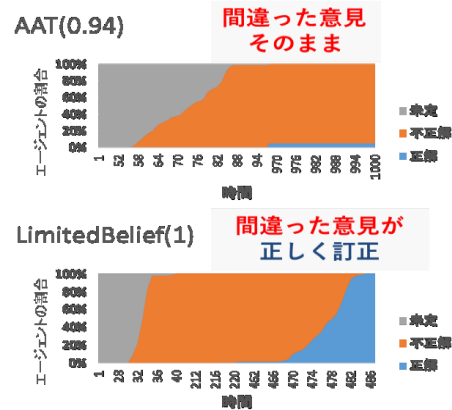


図5 手法 A による意見の撤回の様子

そこで、手法 B について実験した。下の図は、集団規模に対する正解率を従来手法、提案手法 A, B の最良結果についてプロットしたものである。この図によると、提案手法 B はより大きい規模の集団でも、従来手法を上回る正解率を得ていることがわかる。これは、唯一情報源にアクセスできるセンサーエージェントについては信念値に制限を設けないことによって、情報の安定性が増加するからであると考えられる。

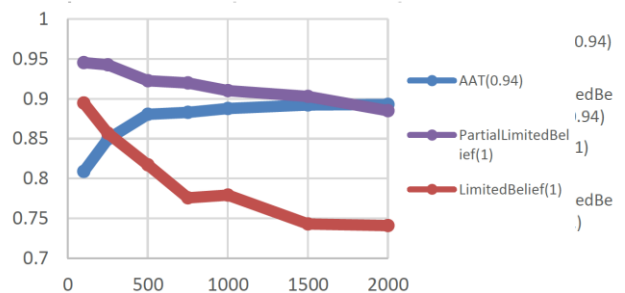


図6 手法 A, B および従来手法の比較

6. おわりに

以上のような実験から、不確定要素を含む環境においては、比較的小規模な集団のメンバーは一度自分の意見を確定させた後でも柔軟に意見を変えることが重要であり、周りの状況に合わせて自らの意見を変えていくような姿勢が必要であることがわかった。

参考文献

- [R. Grinton 2010] Robin Grinton, Paul Scerri, Katia Sycara: Exploiting Scale Invariant Dynamics for Efficient Information Propagation in Large Teams, AAMAS2010, 2010.
- [O. Prymak 2012] O. Prymak, A. Rogers and N. R. Jennings: Efficient Opinion Sharing in Large Decentralized Teams, AAMAS2012, 2012.