

発話行為に基づくエージェントの 議論による合意形成手法の実現とその応用

服部 宏充 伊藤 孝行 新谷 虎松

名古屋工業大学知能情報システム学科

e-mail: {hatto,itota,tora}@ics.nitech.ac.jp

1 はじめに

エージェント間交渉に関する研究が盛んに行われてきた。これまでの研究では、合意形成の効率化やエージェントの振る舞いの分析などに焦点が当てられ、交渉自体のメカニズムは概してシンプルであった。近年、交渉を議論として、より本質的に捉えようとする試みが注目を集めつつある。エージェントによる議論では、提案と、それに対する再提案や批評が繰り返行われる。提案や批評は、主張に根拠となる情報を付加することによって構成される [2]。主張の根拠を示すことにより、互いの好みが高立しない状態 (競合状態) が発生する原因を把握できる。従って、エージェントによる効果的な競合解消が可能となり、合意の形成が促進される。現在、議論の概念に注目した研究はまだ少ない。本論文では、エージェントによる議論を、効果的に実現するための枠組みについて論じる。以下本論文では、エージェントによる議論の具体例として、電子商取引への適用例を示す。ここでは、コンピュータの購入を試みているユーザの代理となるエージェント $Agent_{buy}$ と、ショップの店員の代理となるエージェント $Agent_{sell}$ との議論の例を示す。

2 ユーザの選好の表現

$$Attribute(\{Value_i\}, \{Rule_j\}) \quad (1)$$

式 (1) は、ある属性 $Attribute$ に対してユーザが受け入れ可能な属性値 $Value_i$ 、および他の属性との関係と属性値に関する制約等を表すルール $Rule_j$ を表している。この構造を一単位とした集合により、エージェントが持つユーザの選好は表現される。 $Agent_{buy}$ と $Agent_{sell}$ が持つ選好を図 1 と図 2 に示す。Price のように属性値が連続した値となる場合、効用がほぼ同程度とユーザが判断した範囲で値を指定し、処理を単純化している。例えば図 2 の Price は、19 万円から 25 万円の範囲を、3 つの属性値で表している。この場合、Price に対して 21 万円が割り当てられた時と 22 万円が割り

当てられた時は、ユーザの効用は変わらないため、共に属性値 $20 \text{ 万} < x \leq 24 \text{ 万}$ として扱うことができる。式 (1) では、属性値は効用に関して昇順にソートされて表現されている。ルールは、属性間および属性値間の関係を表す。例えば、図 2 の Price に関するルール “(CPU: $x = 400 \text{ MHz} \vee \text{Memory}:x = 64 \text{ MB}) \rightarrow \text{Price}:x = -1 \text{ 万}$ ” は、他の属性である CPU の値を 400MHz とする、もしくは Memory の値を 64MB とすることで、Price の値を 1 万円分下げることが可能であることを示している。すなわちルールによって、ある属性における変化が、他の属性に対してどのような影響を与えるかが明示される。

```
Price({26万 ≥ x > 24万, 24万 ≥ x > 20万, 20万 ≥ x},
      {HD:x= +1G} → Price:x=+1万)
CPU({400MHz ≤ x}, φ)
Memory({64MB ≤ x}, φ)
HD({6.4G ≤ x ≤ 7G, 7G < x ≤ 10G}, φ)
```

図 1: $Agent_{buy}$ の選好

```
Price({19万 ≤ x ≤ 20万, 20万 < x ≤ 23万, 23万 < x ≤ 25万},
      {(CPU:x=400MHz ∨ Memory:x=64MB) →
       Price:x=-1万})
CPU({x=466MHz, x=433MHz, x=400MHz},
    {((Price:x=+3万) ∨ (Price:x=+2万 ∧ Memory:x=64MB)) →
     CPU:x=466Hz})
Memory({x=128MB, x=64MB}, φ)
HD({8G ≥ x ≥ 4.6G}, φ)
```

図 2: $Agent_{sell}$ の選好

3 議論における発話行為

本研究では、以下の 4 つの発話行為を定義する。

- $propose(S, R, C, \{D_i\}, \{W_j\}, ID)$
- $critique(S, R, C, \{D_i\}, \{W_j\}, ID)$
- $accept(S, R, ID)$
- $withdraw(S, R, ID)$

S は議論の送り手 (Sender), R は議論の受け手 (Receiver), C は主張 (Claim), D は主張の根拠となるデータ (Data), そして W はデータから主張を導く意味付け (Warrant) である [1]。 D の要素は、ある時点で各属性に割り当てられている属性値、各属性に対してユーザ

On a consensus by an argumentation based negotiation among agents using illocutions

Hirimitsu Hattori, Takayuki Ito, and Toramatsu Shintani
Nagoya Institute of Technology, Department of Intelligence and Computer Science, Gokiso, Showa-ku, Nagoya, 466-8555, Japan

が受け入れ可能な属性値、および以前に受信した他方のエージェントの発話、目標である。Wの要素はRule_jである。またCの要素は、DとWから導出された結果となる。IDは発話行為の通し番号である。

proposeは、エージェントが互いに保持している選好間の競合を解消するための解決法の提案である。議論はproposeを送信することによって開始される。critiqueは、他のエージェントからの提案を完全に受理できない場合、受理させるためには何を考慮すべきかを、自身が保持している選好を意味付けにして示す。critiqueを受信することにより、エージェントは、競合解消のために考慮すべき事を把握することができ、選好の部分的な修正が促される[2]。acceptは、他のエージェントからのpropose、またはcritiqueを受け入れることが可能な場合に送信される。withdrawは、他のエージェントの合意が完全に不可能と判断された場合に送信される。

4 エージェントによる議論

議論の目標はGoal($\{Attribute_i = Value\}$)のように表される。本論文の例におけるAgent_{buy}とAgent_{sell}の初期の目標は、

$$Goal_{buy} = Price = 19 \text{ 万}, CPU = 433\text{MHz}, \\ Memory = 128\text{MB}, HD = 6.4\text{G}$$

$$Goal_{sell} = Price = 21 \text{ 万}, CPU = 400\text{MHz}, \\ Memory = 128\text{MB}, HD = 6.4\text{G}$$

と設定する。エージェントによる議論のステップを以下に示す。

(Step 1) どちらか一方のエージェントが、自身のGoalに基づき、proposeを生成して他方のエージェントに送信する。

(Step 2) 受信したproposeまたはcritiqueの内容を評価する。

- 保持している選好と競合が生じない時 Step4 へ。
- いくつかの属性値間で競合が生じた時、競合関係にある事柄と、それを説明するルールをそれぞれ、根拠、意味付けとしてcritiqueを生成し、送信する。Step2 へ。
- 受信したのはproposeであり、かつ全ての属性値間で競合が生じる時、その時点でのGoalに基づいてproposeを生成し、送信する(逆提案)。Step2 へ。
- critiqueもproposeも生成できない時はStep3 へ。

(Step 3) withdrawを生成し送信する。この場合、合意の形成は失敗となる。

(Step 4) acceptを生成して送信する。この場合、合意の形成は成功となる。

5 議論の実行例

本論文の例における議論を図3に示す。今、議論がAgent_{buy}の提案から始まったと仮定する。本節では、Agent_{buy}とAgent_{sell}をそれぞれB、Sと表記する。

```
propose(B,S,{Price:x=19万,CPU:x=433MHz,Memory:x=128MB},φ,Goal,1)
critique(S,B,{CPU:x=400MHz∨Memory:x=64MB},{ID:1},
  {(CPU:x=400MHz∨Memory:x=64MB)→Price:x=-1万},2)
critique(S,B,{(Price:x=+3万∨(Price:x=+2万∧Memory:x=64MB))},{ID:1},
  {(Price:x=+3万∨(Price:x=+2万∧Memory:x=64MB))→CPU:x=466MHz},3)
critique(B,S,{HD:x=+3G},{ID:2,ID:3,Memory:64MB≤x},{Price:x=+1→
  HD:x=+1G},4)
accept(S,B,5)
```

図 3: 本論文の例における議論

図3では、議論による合意形成が成功し、合意案はGoal(Price=22万,CPU=466MHz,Memory=64MB,HD=8.4G)となる。合意案に対して、Agent_{buy}はPriceとMemoryに関しては、初期の目標から妥協することになるが、CPUに関しては目標を達成し、HDに関しては相手から好条件を引き出している。一方Agent_{sell}は、CPUとHDに関しては妥協したが、Priceに関して目標以上の結果を得ることができている。従って、議論によって双方が満足できる妥協的な結果を得られることが分かる。

6 おわりに

本論文では、エージェントの議論に基づく交渉を実現するための手法を提案した。これまでの議論の研究では、議論の実行において論点が明確ではなかった[2]ため、議論を生成するたびに、全ての知識を考慮する必要があった。本研究で提案した議論の方式は、議論する問題を複数属性に分割し、属性間の関連をルールとして持つ。従って、どの事柄に焦点を当てた議論が行われているかが把握可能となり、エージェントが注目すべき知識も、競合が生じている部分のみに限られる。そしてルールにより、議論の焦点を他の属性へと動的に変化させることができる。

参考文献

- [1] 足立幸男, “議論の論理-民主主義と議論-,” 木鐸社.
- [2] S. Parsons, C. Sierra, and N. R. Jennings, “Agents that reason and negotiate by arguing,” Journal of Logic and Computation 8(3), pp. 261–292, 1998.