

共同関係の強化による効率的なチーム編成手法の実現

早野真史[†] 宮下裕貴[†] 菅原俊治[†]

[†]早稲田大学基幹理工学研究科情報理工情報通信専攻

1 はじめに

資源割当て問題は様々なサービスの基盤であり計算機資源の有効利用には必須な問題である。しかしその求解には、必要な情報を完全に把握する必要があり、分散環境ではこの条件が満たされることが多い。このような環境における割当て問題へのアプローチとして、計算機資源をエージェント、要求をタスクとして抽象化し、タスクを実行するエージェントの提携形成問題もしくはチーム編成問題として捉える方法がある [1, 2]。これらの枠組みでは、チームとなるエージェントの組合せと効用値が既知であることが多いが、実際のシステムでは、他のエージェントの能力は完全には分からない。また、複数のタスクが同時進行すると競合が発生することもある。そこでここでは大規模で比較的負荷の高いシステムを想定し、自律的かつボトムアップにチームを安定的かつ効率的に編成する手法に着目する。

人間における協調作業のグループは、たとえば互恵性や共同関係を重視し、ときには共同関係の薄い相手との協力を拒否するような合理性と相反する行動をとり、代わりに安定的な繋がりを基盤に形成することがある [3]。そこで本研究では、チームとしてタスクの実行に成功した過程を、互恵性に基づく信頼度として表現し、実績の積み重ねから安定したチームの形成をめざす。本発表はその初期実験として、特にエージェントとして単純に個々の利得を追求する合理的エージェントと、このような合理性を一部捨てても信頼度を重視する互恵性重視のエージェントでの効率の変化とチームの安定性について報告する。

2 基本モデル

2.1 エージェントとタスク

システムのエージェントの集合を $A = \{1, \dots, n\}$ とおき、各エージェント i はリソース $H_i = (h_i^1, \dots, h_i^p)$ を持つとする。一定時間毎に追加するタスク T はサブタスクの集合 $S_T = \{s_1, \dots, s_l\}$ で構成される。サブタスク s_i は要求リソース $R_{s_i} = (r_{s_i}^1, \dots, r_{s_i}^p)$ があり、エージェントのリソースが対応する要求リソースを上回れば、サブタスクを処理できる。この条件は、エージェ

ント i と、サブタスク s に関して、 $h_i^k \geq r_s^k (1 \leq k \leq p)$ と表す。

2.2 チーム

タスク T を処理するチームを (G_T, σ_T, T) と表す。ここで G_T は T を処理するエージェント集合を表す。 σ_T は割当関数であり、サブタスク $s \in T$ をチーム内のエージェント $\sigma_T(s) = i \in G_T$ に割り当てる。タスク T のチーム編成は、

$$h_i^k \geq \sum_{s \in \sigma_T^{-1}(i)} r_s^k \quad (1 \leq \forall k \leq p) \quad (1)$$

のとき成功となる。また、各エージェントが所属できるチーム数は1つとする。チーム編成に成功すると、チーム内のエージェントは報酬 u を受け取る。本研究では、チーム編成成功時の報酬は全エージェントが均等に $u = 1$ とし、失敗した場合は $u = 0$ とする。

3 チーム編成

エージェントにはチームを主導的に編成するリーダーと、提案を受けサブタスクを処理するメンバの役割があり、各エージェントは自律的に役割を選択する。

リーダーを選択したエージェントは、タスクを受け取り、ある基準で選んだメンバ候補にサブタスクの処理を依頼する。チーム編成はメンバ候補からの返答で成否が決まり、リーダーはその結果をメンバへ通知する。成功の場合はチームのメンバとともにタスクを実行する。その後チームのリーダーおよびメンバはタスク完了後、自分の役割を再度選択する。失敗の場合はチームを解散し、役割選択を行う。

メンバを選択したエージェントは依頼されたサブタスクから受託するものを決定する。この場合、全ての依頼を断る場合もある。その後、リーダーからチーム編成の結果を受け、成功の場合はリーダーと共にタスクを実行し、失敗の場合は役割をリセットし、役割選択を行う。

4 提案手法

4.1 協調期待度

協調期待度は他のエージェントに対する協調可能性を示し、この値が大きいエージェントは過去の互恵的

Efficient team formation by reinforcement of collective behavior
Masashi HAYANO[†], Yuki MIYASHITA[†], Toshiharu SUGAWARA[†]
[†]Department of Computer Science and Engineering, Waseda University

行動に基づき自分への協調行動の可能性が高いことを表す．そのため、リーダーは協調期待度の大きいエージェントに対してサブタスクを依頼し、メンバは提案の選択を優先させることで、チーム編成の成功率を向上させる．エージェント i の j に対する協調期待度 $e_{i,j}$ は、以下の式で学習する．

$$e_{i,j} = \alpha \times \delta_{action}^j + (1 - \alpha) \times e_{i,j} \quad (2)$$

α は学習率である． δ_{action}^j は自分の役割に応じて、リーダーの場合 j からサブタスク依頼の返答、メンバの場合 j からチーム編成の成否通知によって、協調（成功）は 1、その他は 0 となる．

4.2 役割適正值と役割選択

エージェント i はリーダーかメンバの役割のうち、チーム編成に成功しやすい役割を判断するために各役割に対する役割適正值 E_i^l と E_i^m を持つ．これらの値はそれぞれ役割担当時の成否に基づき、式 (2) と同様に学習する．

役割は役割適正值の比較で決定し、 $E_i^l \geq E_i^m$ ならリーダーを、それ以外はメンバを選択する．リーダー選択時にタスクが環境にない場合は、すべき行動は無いと判断し、次の役割選択に進む．

4.3 拒否機能

拒否機能は受け取った提案を協調期待度（互惠性）に応じて選別する仕組みである．そのために、メンバ基準値 M を導入しエージェント $i \in A$ は $E_i^m \geq M$ の場合、協調期待度が定数 E^J 未満のリーダーからの提案を拒否する．これはメンバ適正值が大きいと、メンバとしてすでに確立しており、自分にサブタスクを割り当てる協調的なリーダーが存在すると考えられる．そのため、メンバ時に受けた提案が協調期待度の低いリーダーのみの場合、仮に提案を受託すると、後に協調期待度の大きいリーダーからの提案に応えられない可能性があるため、過去の互惠性を配慮し提案の拒否を行う．なお通常の合理的エージェントは報酬の最大化を目指すためこのような拒否は行わないとする．

5 実験結果と考察

実験は、協調期待度および役割適正值の学習に加え拒否機能を追加した互惠性重視エージェントと、拒否機能のない合理的エージェントを、チーム編成の成功率で比較した．実験条件を表 1、実験結果を図 1 に示す．

実験から互惠性重視エージェントは合理的エージェントに比べチーム編成の成功率が向上した．これは、単純に合理的な行動（その場の報酬獲得重視）をせず、共同関係を重視した非合理的な行動（提案の拒否）をすることで、エージェントのつながりが強化されたためと

表 1: 実験環境

パラメータ	値
エージェント数 $ A $	500
リソース種類 p	2
エージェントのリソース量 h_j^k	3 ~ 12 のランダム
$s \in S_T$ のリソース量 r_j^k	1 ~ 8 のランダム
各タスクのサブタスク数 $ S_T $	3 ~ 7 のランダム
学習率 α	0.01
メンバ適正值基準 M	0.6
信頼度基準 E^J	0.5 未満

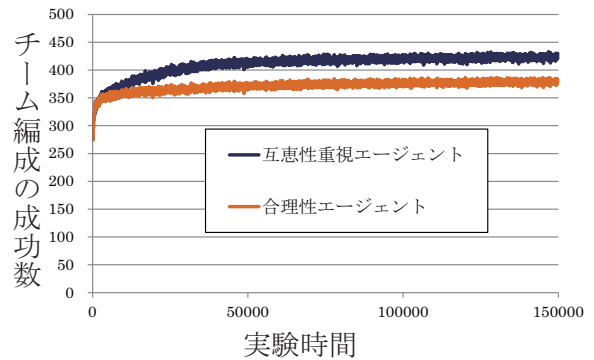


図 1: 実験結果

推測される．その結果チーム編成が安定的に成功したと考える．

6 結論

本研究は動的で大規模な環境における資源割当て問題の解決に向けたアプローチの一つとして、共同関係の強化手法を提案し、実験から競合を減らすことでチーム編成の成功率向上を示した．今後は、環境に応じて拒否基準を動的に決定する手法を導入するとともに、エージェントの関係性の時間経過による変化を可視化する必要がある．

参考文献

- [1] Thomas Genin and Samir Akinine. Coalition Formation Strategies for Self-Interested Agents in Task Oriented Domains. In *IEEE/ACM/WIC IAT 2010*, pp. 205–212, November 2010.
- [2] Roger Mailler and Victor Lesser. Solving Distributed Constraint Optimization Problems Using Cooperative Mediation. In *AAMAS 2004*, pp. 438–445.
- [3] Hisashi OHTSUKI and Yoh IWASA. The leading eight: social norms that can maintain cooperation by indirect reciprocity. *Journal of Theoretical Biology*, pp. 435–444.