

分散協調型ESにおけるタスク構造の学習について†

3P-1

川口 将 伊藤達明 渡辺 尚 山口高平‡

静岡大学††

1. はじめに

我々は、各サイトに分散した専門家から部分的な知識を獲得したエキスパートシステム(ES)をエージェントと見立てて、マルチエージェントで研究されてきた協調問題解決法を分散協調型ESに適用する方法論を検討している。本稿では、電力系統作業停電計画問題を題材として、エージェント間の協調の重みを動的に変化させ、問題解決構造であるタスク構造を学習する方式について報告する。

2. 分散協調型ES構成

2.1 電力系統作業停電計画ES

実用化されている電力系統作業停電計画ESの解析を行なった結果、タスク構造は、28個のタスクからなり、さらに、各タスクは、数個のサブタスクから構成されることが判明した^[1]。

本研究の最終目標は、タスク構造を獲得することにあるが、その基礎検討として、サブタスク構造の獲得を目標とし、以下においては電力系統作業停電計画のサブタスクである、協調作業認識タスクに注目する。協調作業認識タスクでは、ルール1, 2で協調作業ペア生成、ルール3から13でその検査をおこなう生成-検査という構造を持っており、このサブタスク構造を獲得することが目標となる。

2.2 マルチエージェント環境

本稿のマルチエージェント環境は、以下の特徴を持つ。

各タスクは複数のエージェントから処理されると仮定する。各エージェントは、他のエージェントとインタラク션을取る協調機構と与えられた問題に対して推論を行なう問題解決機構とから構成される(図1)。問題解決機構では推論を行なうために知識構造とタスク構造を所有するが、それらの構造は不完全とする。エージェントは、問題が与えられると問題解決機構を使って推論を行なう。その後、協調機構により他のエージェントと協調を取り、問題解決を依頼する。

エージェントの適用順序(協調パス)が不適切であると、出力結果が制約条件を満たさなくなる。この状態をインパースといい、本稿では、電力系統の過負荷をインパースとする。

2.3 エージェント間のインタラクション

エージェント間のインタラクションは、コントラクトネット^[2]を拡張した方式によって、次のようにして行なわれる。

問題解決を行なうエージェントが何らかのプロセスのより選択された後、そのエージェントにおいてすべてのルールを適用しても問題解決が完了しない時、以下のプロセスにより協調を行なう。

step1 タスクアナウンスメント(TA)にこれまでのルールの適用履歴を付け、他のエージェントに送る。

step2 TAを受けとったエージェントはTAアナライザで、まだ適用されていないルールを自分が持っているかどうか

調べる。もし持っていたら、ビット(BD)を返却する。持っていなかったらアンチビット(ABD)を返す。

step3 すべてのエージェントからBDまたはABDを受けると、BDアナライザで、後述するこれまでのエージェントの適用順序の結合度を考慮し、問題を依頼する相手を決め、アワード(AW)を送り、問題解決を依頼する。

このstep1から3までを未適用ルールを持つエージェントがなくなるまで繰り返し、協調パスを決定する。その後、出力結果を評価して、もし、インパースであれば、別の協調パスを決定するために、step1から3を再度実行する。インパースでなければ、インタラクションを終了する。

なお、協調パスの最初のエージェントはランダムに選ばれる。

以下、エージェントの適用順序の決定法として、

1. 重み最大値優先選択 — 協調パスの重みが最大のものを優先する
2. 重み最小値優先選択 — 協調パスの重みが最小のものを優先する

の2つを考察する。1.は、過去の結果を重視して、成功の可能性の高いものから選ぶ一般的な方法である。2.は、失敗する可能性の高いものから選択し、重みが低いパスに隠れている最適解を見つけたそうとする方法である。

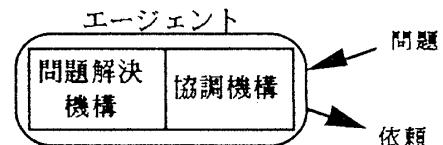


図1 エージェントの構成

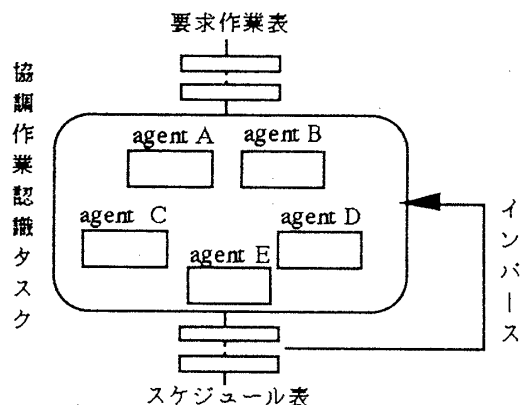


図2 実験1のシステム構成

3. タスク構造の学習実験

具体的な考察をするために、エージェントの問題解決機構はAIツールART^[3]で、通信機構はCで実装を行ない、エージェントを次のように構成した。

†Task Structure Learning in the Distributed Expert System

‡Masaru Kawaguchi, Tatsuaki Itoh, Takashi Watanabe and Takahira Yamaguchi

††Shizuoka University

28個のタスクのうち、協調作業認識タスクについてはまだ完全にタスク構造が確立しておらず、その他のタスクについては完全にサブタスク構造が確立しているものとする。協調作業認識タスク内には複数のエージェントが存在し、そのエージェント1つが持つ知識構造は完全ではないが、エージェント全体を合わせると完全な知識構造となると仮定する(図2)。協調パスの重みは、初期値を0とし、問題解決に成功すると1増加させ、失敗すると1減少させる。そして、学習データとして28個の要求作業表を用意した。

実験1では、各エージェントに図3に示すルールを与える。図3を適用した結果を図4、5に示す。まず、重み最大値優先選択では、最大の重みを持つパスはA-Bであり、他のパスと重みに大きな差がある。今後も重みが高いパスから適用していくので、成功する可能性の高いパスを1つ取り出せることができる。しかしながら、入力データに依存して最適解でないパスが過剰評価されてパスの重みが大きくなり、最適解が未適用であったり、パスの重みが低く押えられてしまう危険性がある。

つぎに、重み最小値優先選択では、最大の重みを持つパスはA-Bであるが、A-Bとその次の重みを持つパスとの間には、それほど重みに差はない。そして、閾値を0に設定すると確実に成功するパスはすべて閾値を越えており、失敗する可能性のあるパスを取り除くことができる。しかし、失敗する可能性の高いパスを優先しているのでエージェント数やルール数が増加すると探索空間が広がり、探索時間が問題となる危険性がある。

実験2では、図6に示すルールの与えられている場合に、重み最大値優先選択、重み最小値優先選択、両方を適用した。この結果を図7に示す。重み最大値優先選択では、A-B、B-Aともにパスの重みはマイナスであり、重み最小値優先選択では、A-Bのパスの重みは1であるが、失敗もかなりしている。このように実験2では、2つのアルゴリズム共に、正しいタスク構造を学習することができない。しかし、適用順序を(エージェントAのルール1)-(エージェントBのルール2)-(エージェントAのルール3から7)-(エージェントBのルール8から10)にすると問題解決ができる。このように、協調パスの適用単位がエージェント単位であると問題解決ができるパスが存在しないが、より小さな単位(granularity)で適用すると問題解決ができるパスが存在することが判る。この点については、今後、検討していきたいと考えている。

4 おわりに

本稿では、マルチエージェント環境における分散協調型ESの設計を行なった。そして、エージェントの協調パスの決定方法として重み最大値優先選択と重み最小値優先選択の選択方法を考察し、両方式とも、問題解決が確実にできる協調パスが存在した場合には、タスク構造を学習することができた。しかし、協調パスの単位の大きさをさらに小さくしないと、タスク構造を学習することができないケースがあることが判った。

今後、協調パスの単位をエージェント単位からルール群単位に細分化すること、および、エージェントの分割、結合などの方式を検討することにより、このような問題に対処していきたいと考えている。

謝辞

関西計器(株)倉岡幸夫氏には、電力系統作業停電計画ESに関して、ご助言をいただいた。また、本研究は、電気通信普及財団および、文部省科学研究費(課題番号05213205)の助成を受けて行なった。ここに記して深謝いたします。

[参考文献]

- [1] 伊藤, 川口, 渡辺, 山口: 分散協調型ESにおけるタスク構造獲得方式について, 電子情報通信学会春季全国大会, D-653, (1993)
- [2] Reid G. Smith: "The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver", IEEE Trans. on Comput., 29 (1980) pp.1104-1113
- [3] ART-IM reference manual, Inference 社

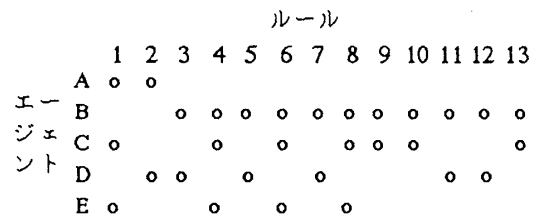


図3 ルールの与え方 (実験1)

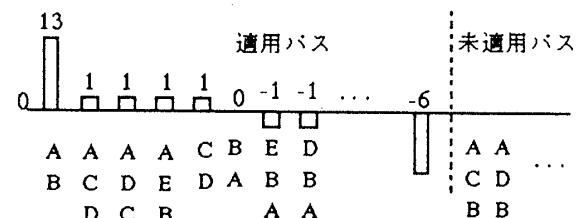


図4 実験1の適用結果 (重み最大値優先選択)

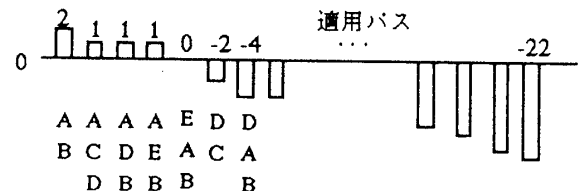


図5 実験1の適用結果 (重み最小値優先選択)

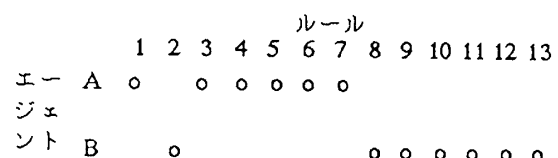


図6 ルールの与え方 (実験2)

	協調パス A-B	協調パス B-A
重み最大値優先選択		
探索回数	24回	19回
成功回数	11回	6回
失敗回数	13回	13回
パスの重み	-2	-7
重み最小値優先選択		
探索回数	23回	25回
成功回数	12回	5回
失敗回数	11回	20回
パスの重み	1	-15

図7 実験2の適用結果