

## 分散問題解決のためのブラックボードシステムの研究\*

1 Q-3

加瀬 直樹†

(株) 東芝 システム・ソフトウェア技術研究所‡

## 1 はじめに

現在、様々なエキスパートシステムが開発されている。実問題の中には、単一の問題解決システムで解決するには大規模で複雑であり、実用的なエキスパートシステム構築が困難であるような問題も存在する。そこで、問題をエキスパートシステムが構築可能な規模の問題に分割し、それぞれの小問題を解決するエキスパートシステムをいくつか組み合わせることによって、このような大規模かつ複雑な問題の解決にあたる新しい、便利な問題解決のためのシステムが必要である。

しかし、従来のエキスパートシステム構築技術の資産はできるだけ有効に利用したい。複数のエキスパートシステムが問題解決のための協調動作を行なう際の情報伝達手段としては、メッセージ通信より仮想共有メモリを用いた方が、従来からの移行をスムーズに行なうことができると考えている。すなわち、自己のワーキングメモリの中に、他のエキスパートシステムのワーキングメモリの内容の一部を取り込める機構があると良い。筆者は、これをブラックボードシステムとして実現しようと考えている。そこで、このブラックボードシステムの実現に必要な機能の検討を行ないプロトタイプを実装した。

本論文では、このブラックボードシステムのプロトタイプ機能について論じる。

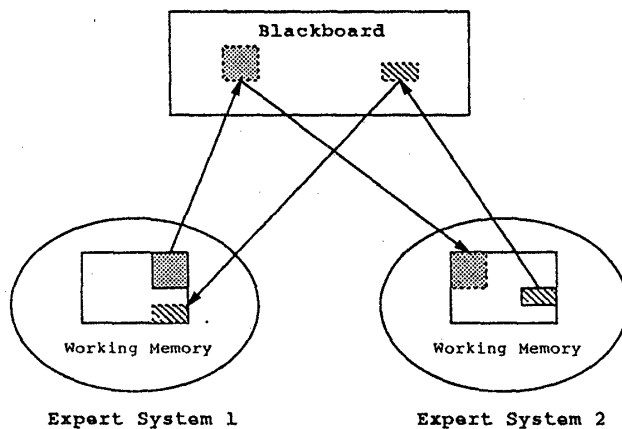


図1. ブラックボードを用いた情報の共有

## 2 ブラックボードモデル

単一の問題解決システムの中にさまざまな知識を組み込み、全体の大きな問題を解決する機構として、音声理解システム Hearsay-II [1] で提案されたブラックボードモデルがある。

ブラックボードモデルのアーキテクチャは以下の3つのモジュールから構成されている。

1. ブラックボード (Blackboard)
2. 知識源 (Knowledge Source)
3. スケジューラ (Scheduler)

ブラックボードはグローバルなデータベースであり、情報の交換はこのブラックボードを介して行なわれる。知識源は推論を行なう実体であり、if-then形式の知識を所有し、それぞれが独立して動作することが可能である。ただし、逐次型の処理系上では並行動作を行なったのでは効率が悪くなる。そこで、動作可能な知識源の実行を制御するスケジューラが存在する。スケジューラはフォーカス機構を持ち、どの知識源を動作させれば効率がよいかを判断する知識を持っている。

このモデルは各知識源が独立して動作し、生成した情報をブラックボードを介してやりとりしながら全体としての解を求めていくため、のちの分散協調問題解決の基盤モデルとして認識されている。一方で、これはひとつのエキスパートシステム内部の構造であり、複数のエキスパートシステムが協調しながら解を求めていく形態としては実現されていないという問題がある。

## 3 分散エキスパートシステムのためのモデル

大規模な問題を解決する機構として我々の必要としているモデルは、エキスパートシステムが疎結合マルチプロセッサ型の分散環境上に複数存在し、それぞれが協調しながら全体の解を求めていく形態である。この形態を分散エキスパートシステムと呼ぶことにする。

分散エキスパートシステムを構築するために、グローバルなデータベースとしてのブラックボードを、エキスパートシステムとは独立させた形で分散環境上に用意する。複数のエキスパートシステムはそれぞれ並列、独立して動作する。これらのエキスパートシステムは、従来のモデルの知識源に相当する。また、従来のモデルでのスケジューラはブラックボード上のデータの変化から起動可能な知識源を選び出してスケジューリングを行っていた。本システムではブラックボード上のデータの変化をエキスパートシステムに通知するデータ変更通知機構によって、これと同等の機能を提供する。

\*Blackboard System for Distributed Problem Solving

†Naoki Kase

‡Systems & Software Engineering Lab., TOSHIBA Corp.

ところで、分散環境上では知識源としてのエキスパートシステムは並列に動作しているため、複数のエキスパートシステムが同時にブラックボードにアクセスする可能性がでてくる。そこで、アクセスの排他制御、アクセス権制御を行なって、データの一貫性の保持、不要なアクセスの排除を行なう機構が必要となる。

また、大規模な問題を扱うためにブラックボードに書き込まれるデータの量が膨大になる。このため、必要なデータを簡単に検索できるキーワード検索機構が必要である。

## 4 機能

### 4.1 データアクセス排他制御機構

各エキスパートシステムが並行に動作しグローバルデータベースをアクセスするため、排他制御を行なう必要がある。並列動作の排他制御方式として、Linda [2] の tuple space を採用した。これは、実現の容易さ、操作のし易さを考えたからである。これによって提供されるデータのアクセス方法には以下の3種類がある。

1. get data (ブラックボード上のデータを取り込む)
2. read data (ブラックボード上のデータを読み込む)
3. put data (ブラックボード上にデータを書き出す)

1. の操作ではブラックボード上のデータはエキスパートシステムに渡され、ブラックボード上にはデータは残らない。これに対して 2. の操作ではブラックボード上のデータはそのままである。同時に複数のエキスパートシステムが 1. を行なった場合、ひとつのエキスパートシステムはデータを入手できるが残りのエキスパートシステムはデータ入手に失敗する。

### 4.2 アクセス権制御機構

ブラックボードは誰でもアクセスできるため、セキュリティの問題が生じる。ブラックボード上の必要のない情報まで見えてしまうことになる。そこで、ブラックボード上のデータにアクセス権を付加し不必要なアクセスを回避する機能を実現した。

アクセス権は、owner, specified user, group, all の4種類に分類する。このために、各エキスパートシステムには2 byteの識別子を割り振る。また識別子の集合、すなわちグループにも2 byteの識別子を割り振る。これらの情報をブラックボードで管理する。各エキスパートシステムがブラックボードにアクセスする際には通信バケットに識別子とパスワードを付加しアクセス権を主張することとする。

### 4.3 データ変更通知機構

ブラックボード上のデータの変更があったかどうかを知るためにその都度データを読み出してみていたのでは効率が悪い。データの変更があったことはブラックボードの方から通知する機構が必要である。

そこで、常にブラックボードを監視しているブラックボードモニタを用意した。データの変更があった際には、

あらかじめ変更通知を受け取る要求を出して登録されているエキスパートシステムに対して、変更の通知を行なう。通知を受けたエキスパートシステムはこの情報を頼りにデータを読みだし、自己の情報を更新することになる。

### 4.4 キーワード検索機構

ブラックボードに掲示されたデータから必要なデータを捜し出すのに、データを読み出して調べていたのでは効率が悪い。このため、必要な情報を検索するための機構が必要である。

ブラックボードは情報交換の場として考えられる。すなわち、どのような情報がブラックボードに書き込まれるかは、情報交換を行なうエキスパートシステム同士が知っていると考える。そこで、あらかじめどのような情報にはどのようなキーワードをつけるかの取り決めを行なうこととし、これをサポートする機能を提供した。

### 4.5 メッセージ通信機構

エキスパートシステムが別のエキスパートシステムに対して情報を伝達するためにメッセージ通信の機構が必要である。そこで、本システムでは、

1. ブロードキャスト通信 (すべてのエキスパートシステムに対して通信)
2. マルチキャスト通信 (特定のグループに対して通信)

をサポートする機構を実現した。これらの通信では、ブラックボードを介して目的となるエキスパートシステムにデータが送り届けられる。この機能によって、一方のエキスパートシステムの内部データの変更によって必要となるデータ変更を伝搬させることも可能である。

## 5 おわりに

大規模で複雑な問題解決を複数のエキスパートシステムを用いて行なうための機構としてのブラックボードシステムの試作を行なった。本論文では、そのための機能としてデータアクセス排他機構、アクセス権制御機構、データ変更通知機構、キーワード検索機構、メッセージ通信機構が必要であることを示した。

今後はこれを基にエキスパートシステム構築ツールの一機能としてブラックボードシステムを付加し、これを用いた分散協調型の問題解決機構の枠組を検討していく。

## 参考文献

- [1] Erman, L. D., Hayes-Roth, F., Lesser, V. R., and Reddy, D. R., "The Hearsay-II Speech Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty", *Computing Surveys*, 12(2): 213-253, 1980
- [2] Carriero, N., and Gelernter, D., "LINDA IN CONTEXT", *Communications of ACM*, 32(4): 444-458, 1989