

並列協調問題解決のための対象モデル表現方式

横山 孝典 小野 昌之 和田 正寛

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構

1 はじめに

知識処理の重要な応用分野として設計がある。設計問題の多くは複数の部分問題の集合体である。しかし部分問題間には依存関係が存在するため独立に解くことはできず、また時に相反することのある複数の要求を同時に満足する必要があることも多い。そこで、複数の知識源あるいはエージェントがそれぞれ適した問題解決方式を用いて部分問題を処理し、協力して設計解を生成するという方式が有力と考えられる。

我々は協調支援機能を有する設計対象モデルを中心に複数のエージェントが並列に問題解決を進めるシステムを開発中である [1]。本報告では設計対象モデルのための、整合性維持機能やマルチコンテキスト機能を有するオブジェクトに基づく表現方式について述べる。

2 並列協調問題解決モデル

これまでブラックボード・モデルを用いた協調設計システムがいくつか発表されている。これは部分問題を解く複数の知識源が協調しながらブラックボード上に設計解を生成する方式で、実際の設計過程との対応もよい。しかし従来のブラックボードは単なる共有メモリに過ぎず、各知識源が部分問題の処理に専念するのみで並列かつ協調的な処理を実現することは非常に難しい。このため、全体を監視し推論制御を行う機構や、合成した解の整合性をチェックする機構を別に設ける必要がある。また、推論制御により処理が逐次的になりやすい、ブラックボードへのアクセスがボトルネックになりやすいなど、並列化における問題も多い。

このような問題を解決するため、図1のように整合性維持機能を持つ能動的なオブジェクトを用いて設計対象モデルを表現し、これを通して複数のエージェントが協調し合う方式を提案する。設計で用いられる知識は設計対象に関する知識と設計方法に関する知識に大別されるが、設計対象に関する知識は対象モデルが、設計方法に関する知識は部分問題毎に各エージェントが持ち、問題解決に利用する。

対象モデルを構成するオブジェクトにはオブジェクト間やオブジェクトのスロット間に制約を定義でき、設計対象に関する知識を制約表現する。設計データはスロットに記憶する。そして、オブジェクトを制約充足状態に

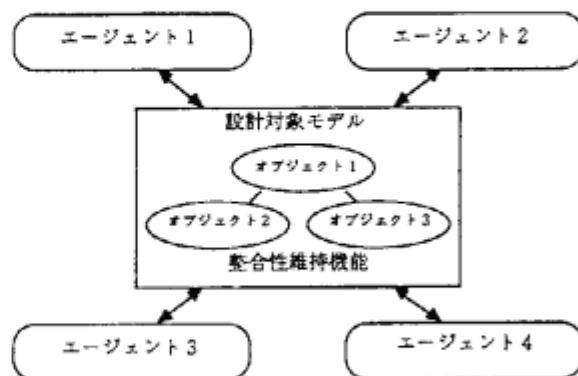


図1: 並列協調問題解決モデル

保つ機能を提供することにより、解の整合性を保証し、効率的な問題解決の実現を図る。また、各エージェントは対象モデルに並列にアクセス可能とし、全体の処理のボトルネックとなることを回避する。

設計対象モデルはオブジェクトの集合から成る仮想的なブラックボードと見なすことができる。開発中のシステムでは、データフロー的に処理を行う複数のエージェントと対象モデルをストリームで接続し、設計データをパイプライン的に処理することにより、効率向上を狙っている。

3 設計対象モデル表現機能

3.1 外部インタフェース

オブジェクトの持つスロットの一部は外部に公開される。ただし、対象モデルの見方、すなわち参照するオブジェクトやスロットはエージェントにより異なるのが普通であるので、ビュー [2] という概念を導入し、各エージェントに見えるスロットの集合を定義可能とする。

各オブジェクトは並列に実行可能なプロセスで表現され、オブジェクトへのメッセージは並行に解釈実行される。従って同一オブジェクトの同スロットへのアクセスを除いて、対象モデルには並列にアクセスできる。

また、オブジェクトの変化、具体的にはビューにより指定されたスロットの変化をエージェントに知らせるデモン機能を提供する。これにより、イベント・ドリブンにエージェントを起動する処理を容易に実現できる。

A Framework for Representing Object Models in Parallel Cooperative Problem Solving

Takanori YOKOYAMA, Masayuki ONO, Masahiro WADA

Institute for New Generation Computer Technology

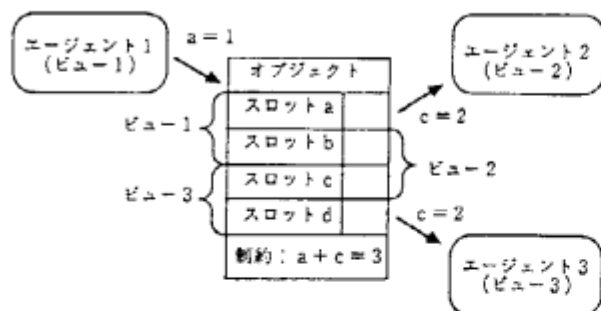


図 2: 対象モデルを経由した制約伝播

3.2 整合性維持

制約充足機能を持つ対象モデルは設計解の効率よい生成に役立つ [3] が、並列協調問題解決にも有効に利用することができる。すなわち、部分問題間の依存関係は対象モデルの持つ制約によって表現できるので、全体の整合性を保つとともに、エージェント間の協調動作を実現することが可能である。

まず、複数のエージェントが異なるスロットに値を設定した場合、それらのスロット間の制約を評価することにより制約を満足する組み合わせだけを選択できる。従って全体として整合性のある解のみを生成できるとともに、探索空間の枝刈りに利用できる。

また、制約を能動的に評価することにより、あるエージェントの処理の影響を対象モデルを通して他のエージェントに伝播することができる。例えば図 2 のようにエージェント 1 の出力したスロット a の値と a・c 間の制約によりスロット c の値が求まり、それを他のエージェントに伝播することができる。このような対象モデルを経由した制約伝播を利用することによりエージェント間の協調処理を実現できる。これは単一オブジェクト内の制約の例であるが、複数のオブジェクト間の制約を利用することも可能である。

3.3 マルチコンテキスト

一般に部分解の候補は複数生成でき、スロットは複数の値をとり得る。スロット値の組み合わせによって表わされるオブジェクトの状態をコンテキストと呼ぶ。複数のコンテキストを同時に扱うことにより効率よい並列処理を実現できる。ただし、制約に違反しない、整合性のあるスロット値の組み合わせを扱う機能が必要になる。

複数の仮説の組み合わせを扱う機能を有するシステムとして ATMS [4] が有名である。各スロットの値を仮説と見なして ATMS を適用すれば、前述の整合性維持とマルチコンテキスト機能が容易に実現できるが、組み合わせの数が膨大になるという問題がある。

そこで基本的にオブジェクト単位にコンテキストを管理することとし、まずスロットの組み合わせを生成し、その中で制約に違反しない値の組み合わせを扱うことにする。ここで、意味を持たないスロットの組み合わせを生成しないようにして、組み合わせ数の減少を図る。

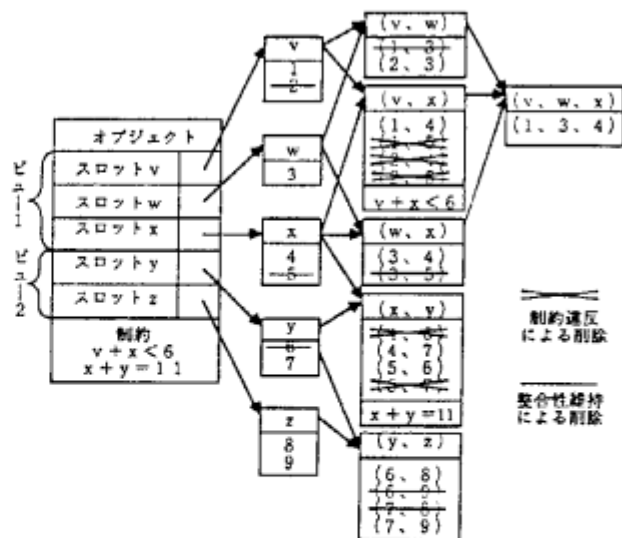


図 3: マルチコンテキスト管理

まず、外部から見たコンテキストはビュー内のスロット値の組み合わせのみが意味を持つ。またオブジェクト内部では全てのスロットが参照可能であるが、制約が参照するスロットの組み合わせのみが意味を持つ。従って、マルチコンテキスト管理では各ビューに含まれるスロットの組み合わせと、制約で参照されているスロットの組み合わせのみを扱うことにする。複数のオブジェクトにわたる制約が存在する時はその組み合わせも扱う。

マルチコンテキスト管理の例を図 3 に示す。制約に違反するスロット値の組み合わせは削除され、全体の整合がとられる。関連のないスロットについては任意のスロット値の組み合わせが可能である。

4 おわりに

以上設計問題を対象に、複数のエージェントがひとつの協調支援機能を有する対象モデルを共有する形の並列協調問題解決アーキテクチャを提案し、その対象モデル表現のため、制約充足機能とマルチコンテキスト管理機能を持ったオブジェクト表現について述べた。

今後の課題としては制約充足機能の強化、制約を仮説として扱う機能やコンテキストによって異なる制約を扱う機能の実現などがある。

参考文献

- [1] 小野昌之ほか：設計向き並列協調問題解決システムの提案, 情報処理学会第 41 回全国大会予稿集 (1990)
- [2] Habermann, A.N., et al.: *Programming with Views*, CMU-CS-87-177 (1988)
- [3] 横山孝典, 佐塚秀人: 制約に基づくオブジェクト指向知識表現システム, 情報処理学会論文誌, vol.31, No.1, pp.68-75 (1990)
- [4] de Kleer, J.: *An Assumption-based TMS*, Artificial Intelligence, Vol.28, pp.127-162 (1986)