

2B-7

配送計画を対象とした分散協調型問題解決実験システム

徳永 寿郎<sup>\*</sup>、前島 仁<sup>\*</sup>、太田 好彦<sup>\*\*</sup>  
<sup>\*</sup>三菱電機(株)、<sup>\*\*</sup>(財)新世代コンピュータ技術開発機構

1. はじめに

分散協調問題解決は、並列推論のタスクシェアリングの要素技術として、現在その解決手法の方向づけと技術課題の明確化が進められている。このような研究を行う場合、理論からトップダウン的に行う手法と、実際にシステム構築を行って試行錯誤的に行う手法の2通りがある。本研究では後者の手法に従い、分散協調問題解決の枠組みを特定のドメインに適用することによって、このようなシステム構築に必要なツール上の機能を探ることを目的とした。

本システムは、逐次型推論マシンPSI上のエキスパートシステム構築支援ツールを疑似並列的に動作させることによって実現される。対象には特定の計画問題を取り上げ、その知識ベース・推論エンジンを開発し、分散協調問題解決機構の研究、またその有効性の評価などを行った。

2. 対象問題

分散協調問題解決の枠組みとして、コンセンサスのとれたイメージは未だ確立されていないが、Smith(Smith et al. 1981, Smith 1984)によれば、“分散され、疎に結合された知識源の集団による協調的問題解決”とされている。この場合、どの知識源も全体の問題を解決するために必要な情報あるいは情報処理能力を持たない。これらが分散されているとは、これらの中に大域的な制御や大域的なデータ格納場所が存在しないことをいう。これらが疎に結合されているとは、各知識源が時間の大部分を通信よりも計算に費やすことをいう。

このような問題解決をシミュレーションするために、本研究では配送計画問題を取り上げた。この問題は、配送センターから多数の届先に荷物を届ける場合の、配車、乗務員割当、ルート選択などの計画立案型問題である。図2.1に対象問題の簡単なモデルと、本問題に関連する要素群を示す。対象問題の特徴は、次のようなものである。

- (1) 組合せの爆発を伴うこと
- (2) 非決定的要素が多いこと
- (3) 手続き化しにくいこと

3. 機能・実現方式

3.1 機能

このような問題の特徴に対処するため、本システムでは、分散協調問題解決の枠組みを次のように適用している。

配送計画問題

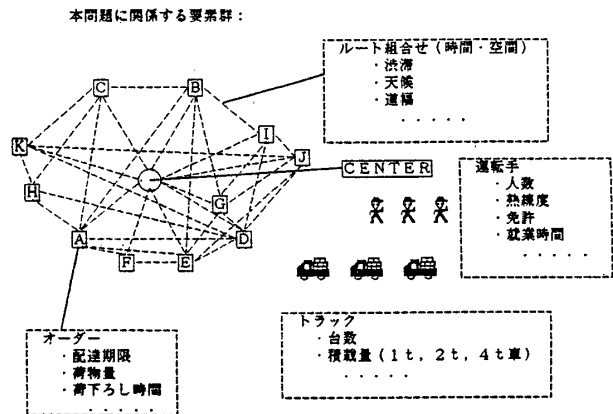


図 2.1 対象問題の概要

(1) “分散”に対応する機能：具体的には計画立案の機能的な分割をしている部分と、配送オーダーをエリア分割し、組合せ数を減少させている部分である。各モジュールは、各々自分の受持ちの処理を行い、特定のモジュール間で通信しながら解を生成する。

(2) “協調”に対応する機能：配送計画を部分問題化して考える場合、より妥当な組合せを選択するために、ルート組合せ、車の割当、乗務員の割当などに柔軟性をもたせることが必要となる。具体的にはエリア間でオーダーを重複させ、重複エリア内オーダーをエリア間で調整する部分と、各エリアを受け持つモジュールが、資源(車・乗務員)の割当に失敗したときに、資源を管理するモジュールを介して他のエリアと協調しながら、資源調整を行う部分である。

(3) その他の処理方式：本システムで用いたその他の主な処理方式について以下に列挙する。

①定ルート配送を基にしたサブグルーピング：エリア内でのルート組合せを更に減少させるため、オーダーをサブグループ化する。このとき、まず i) 定ルート上のオーダー、ii) 重複エリア内のオーダー、iii) その他のオーダーの3つに分け、更に配達期限や距離などの要素を考慮していくつかのサブグループに分ける。

②Expansion Lattice<sup>(1)(2)</sup>：①で生成したエリア内のオーダーのサブグループを、その組合せの格子状データ構造(expansion latticeと呼ぶ)を用いて、エリア内ルート組合せ処理の高速化を計っている。

③枝刈りのヒューリスティクス：エリア内ルート組合せを減少させるため、専門家の高度な知識による知識ベースを、枝刈りのためのヒューリスティクスとして用いている。

④制約ネットワーク<sup>(3)(4)</sup>：1ルート毎に荷物、資源、時間などをノードとし、ノード間の関係を制約関係と寄与関係で定義したものである。これにより、ノードの値の変更があった場合の再計算、制約条件のチェック、制約違反の

場合の原因の通知などを行うことができる。

⑤制約の緩和：必要なら制約を緩める（配送期限の変更、運転手の追加、車の追加）ことにより計画を立てる。

3.2 実現方式

(1)システム構成

システム構成は、次の4つの機能毎のモジュールによって処理分担し、更にエリア管理のモジュールはエリア毎に各々1つずつ生成され、相互に協調しながら処理を進めていく(図3.1)。

- ①エリア分割者：荷物をエリア毎にグループ分けし、組合せ問題の部分問題化を行う。
- ②統合・評価者：全体のオーダーを統合した、矛盾の無いルート組合せを管理する。
- ③エリアエージェント：エリア内のルート組合せの管理を行う。このモジュールは、エリア毎に1つずつ生成される。
- ④車・乗務員管理者：全体の資源の管理、資源使用の指示、ルート組合せ変更指示を受け持つ。

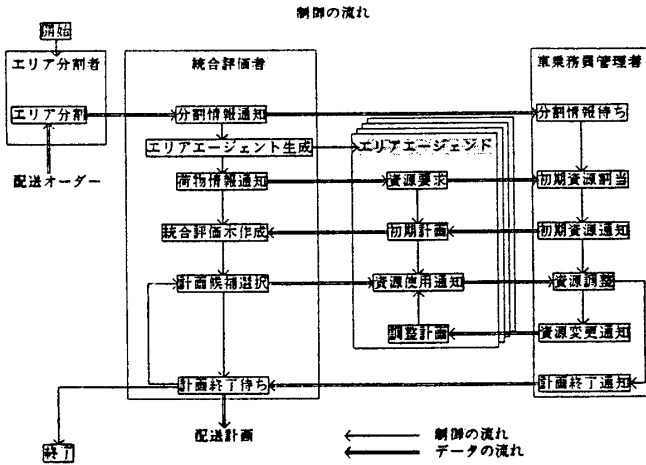


図 3.1 システム構成と制御の流れ

(2)制御の流れ

制御の流れは、基本的に図3.1の矢印にそって行われる。ここでエリアエージェントは、ツールをインスタンス化したプロセスが疑似並列的に動作する。このエリアエージェントは、車・乗務員管理者と通信を行いながら処理を進める。他の各モジュールも、それぞれ独立したプロセスとして動作する。

(3)評価関数

評価関数は、①コスト（トラック使用損料、人件費（時給計算））、②稼働率（乗務員の稼働が平均化しているかどうかの指標（労務上の考慮））、③信頼度（納期達成の信頼度）の3要素を考慮している。これらのどれを、どの程度重視するかは、システム設定時に調整可能である。

4. 実験

実験に用いたモデルは、約90程度のオーダーに対し、乗務員14人、車15台で、4つのエリア分割を行うものである。このデータを用いると計画の解候補を求めるのに約5分、資源・重複オーダーの調整を行い計画立案するのに約2分の計約7分を要する(図4.1)。これは、以前のエリ

アエージェントをインスタンス化しなかったものと比べると、ルールの実行回数、及びワーキングメモリへのアクセス回数とも3倍以上であるが、CPUtimeは約40%に減少している。これは、インスタンス化したツールを用いて処理を分散したことによる計算量の減少、1つのインスタンス化ツールのワーキングメモリ上のエレメントの数の減少による探索時間の減少などが、主な要因と考えられる。

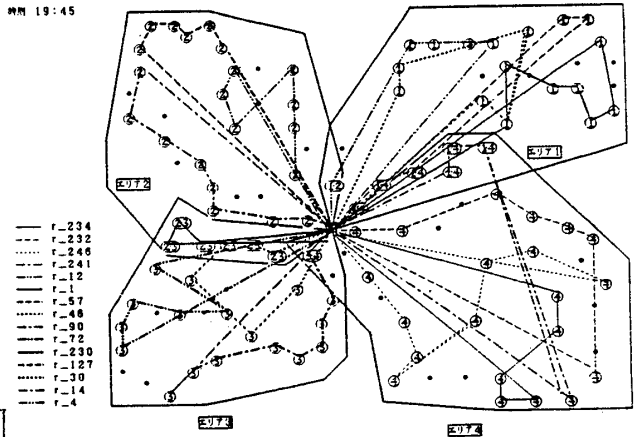


図 4.1 モデルにおけるシミュレーション画面

5. まとめ

分散協調型問題解決のフィージビリティスタディを、配送計画という特定の問題を対象にして行った。実験では、この問題に対して分散協調型問題解決の枠組みを用いることの有効性が明らかになった。また、このようなシステム構築に当たって、必要なツール上の機能の研究を行った。

今後の課題としては、本システムでは人間の経験によるエリア分割アルゴリズムの解明、エリアエージェント間の横の協調の実現、また分散協調型問題解決一般に適用可能な手法・パラダイムの抽出などが挙げられる。

謝 辞

本研究は第五世代コンピュータプロジェクトの一環として行われた。

本研究の機会を与えて下さったICOT5研藤井前室長、並びにご指導頂いた関係各位の皆様へ感謝致します。

参 考 文 献

- (1) Johande Kleer: An Assumption-based TMS, Artificial Intelligence, Volume 28, Number 2, March 1985, pp. 127-162 (1986).
- (2) 中村、野村、岸川：多重世界環境におけるTMSと概念生成、情報処理学会知識工学と人工知能研究会資料39-8 (1985).
- (3) Marcus, S., and McDerwott, J.: SALT: A Knowledge Acquisition Tool for Propose-and-Revise Systems, CMU-CS-86-170, Carnegie-Mellon University (1986).
- (4) Marcus, S., Stout, J., and McDermott, J.: VT: Expert Elevator Designer That Uses Knowledge-based Backtracking, AI MAGAZINE, SPRING 1988, pp. 95-111 (1988).