

1B-2

時空間オブジェクトモデルの基本設計  
 -マイクロ交通シミュレーションへの適用検討-

尾崎 敦夫 清原 良三 瀬尾 和男 中島 克人  
 RWCP 超並列三菱研究室

1 はじめに

RWCプロジェクトの一環として、「時空間オブジェクトモデル」の研究を行なっている。本モデルは、超並列マシン上での実現を目指し、通常のオブジェクトに加え、時間および空間を管理し、不特定のオブジェクト間の通信を媒介する「場」の概念を導入した。これにより、従来の並列オブジェクトモデルに並列性を損なわずに柔軟性を与えることができる。

また、時空間オブジェクトモデルの適用事例としてマイクロ交通シミュレーション [1] を取り上げた。マイクロ交通シミュレーションとは道路全体の交通流量をおおまかにシミュレートするのではなく、1つ1つの車や信号をオブジェクトと見なしてシミュレートするものであり、超並列マシン上での実現を目指した時空間オブジェクトモデルの応用として適したものであると考える。この適用により、時空間オブジェクトモデルに必要な機能・実装方法に関する検討を行なった。

2 時空間オブジェクトモデルの実現手法

マイクロ交通シミュレーションにおいて、車や信号などのオブジェクトは、「見る」、「動く」などの機能を必要とし、かつ時間的關係や空間的關係が保証されなければならない。このため、時空間オブジェクトモデルでは、時間と空間を管理し、不特定オブジェクト間の間接通信の手段を提供する「場」が存在する。そして、時刻を進めるスケジューラによりオブジェクトのシミュレーションが行なわれる。

2.1 時間管理と空間管理

マイクロ交通シミュレーションの場合、図1に示すように道路は場にマッピングされる。また、車や信号などのオブジェクトは、この場により、各時刻毎にどの場所に

Space and Time Object-oriented Parallel Processing Model

Atsuo Ozaki, Ryoza Kiyohara, Kazuo Seo,  
 Katsuto Nakajima

RWCP Massively Parallel Systems Mitsubishi Laboratory

5-1-1 Ofuna, Kamakura, Kanagawa 247, Japan

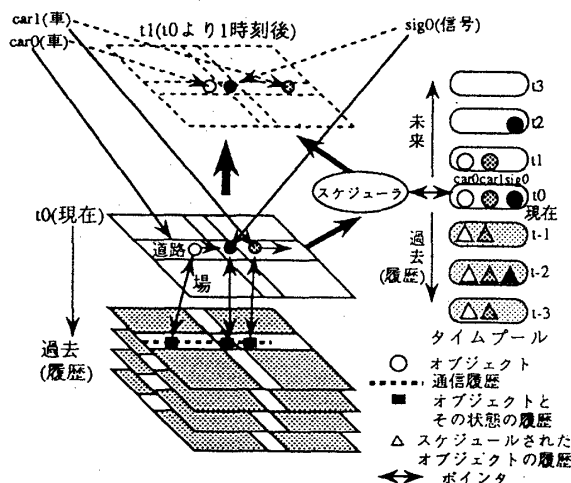


図1: サブ領域内の処理モデルと履歴の残し方

いたかを管理されている。このため、すべてのオブジェクトは、時間的にも空間的 [2] にも場に管理されていることになる。

2.2 時刻の進め方

本モデルは、超並列マシン上で実現されるため、場をプロセッサ単位に分割することにより並列性を抽出している。このため、シミュレートされる領域は複数のサブ領域に分割され、各サブ領域毎に一つのスケジューラが存在する。

各スケジューラは、図1に示すように、その時刻 ( $t_0$ ) に起動するオブジェクトが格納されているタイムプールからオブジェクトを1つ1つ取り出して起動し、オブジェクトの動作が完了したら、次にオブジェクトが起動される時刻のタイムプールに投入する。そして、すべてのオブジェクトの処理が完了したら次の時刻 ( $t_1$ ) のスケジュールに移る。

各オブジェクトは、起動されたら1時刻だけの動作を行なう。この動作とは、例えば車の場合は進行方向に車はいるか、信号は青かなどの道路の状況を「見て」、進めると判断したら進む(「動く」)であり、信号の場合は色を変える(「動く」)である。

ここで、各スケジューラの時刻が同一に進む同期モデルと、まったく独立に進む非同期モデルが考えられる。非同期モデルでは、時刻が異なるサブ領域間でオブジェ

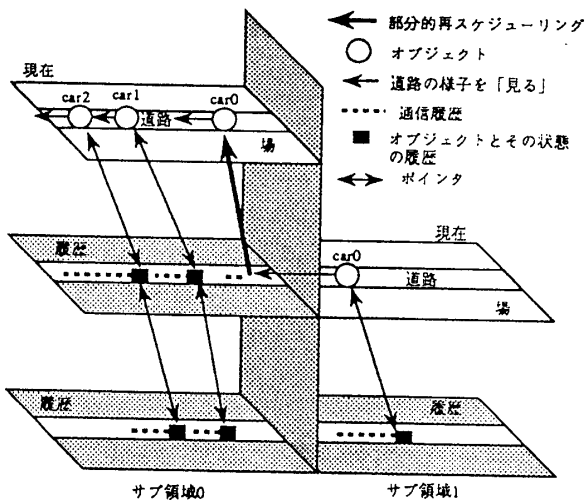


図 2: 部分的再スケジューリング

クトの移動が生じた場合に、時刻をロールバックし、再びスケジュールし直す場合が生じる [3]。このロールバックがどの程度起こるか、起こったとして、どの程度のオーバーヘッドになるかを考慮して、どちらのモデルにするべきかを考える必要があるが、ここでは様々な応用への適用性を考え、非同期モデルを採用した。

### 2.3 履歴管理

本モデルでは、ロールバックが生じた場合に、過去の任意の時刻の状態を再現するため、各時刻毎に次の3つの履歴を残さなければならない。

**オブジェクトとその状態:** 場は、オブジェクトへのポイントとそのオブジェクトの位置情報、そしてその時刻に状態が変化したオブジェクトが存在すれば、そのオブジェクトの状態情報も履歴として保持する。各履歴は時刻間でポイントにより結ばれており(図1、図2参照)、このポイントを辿ることにより任意の時刻のオブジェクトの状態を再現することができる。

**オブジェクトの通信:** 場は、オブジェクトが「見る」や「動く」のための通信に使用した場所の範囲を履歴として残す。この「通信履歴」は次節の「部分的再スケジューリング」に用いる。

**スケジュールされたオブジェクト:** 各スケジューラは、その時刻のタイムブール内に存在したオブジェクトを履歴として残す。このことにより、スケジューラは過去の任意の時刻より再びシミュレートする場合に、起動すべきオブジェクトを得ることができる。

### 2.4 再スケジューリング

任意のサブ領域において、過去の任意の時刻より、再びスケジューリングを行なう場合、「ロールバック後にすべてのオブジェクトを再スケジュールする場合」と「一部をスケジュールし直せば良い場合」が存在する。

「一部をスケジュールし直せば良い場合」とは図2に示すように任意のサブ領域0の過去の時刻へ、時刻のズレがさほど開いていない隣接したサブ領域1からオブジェクト car0 が移動してきた場合、サブ領域0では、オブジェクト car0 だけをその過去の時刻よりスケジュールし直せば、サブ領域0の現在時刻までのシミュレーションを矛盾なく行なうことができる。これを部分的再スケジューリングと称する。

なお、部分的再スケジューリング中に、移動してきたオブジェクト car0 がサブ領域0内の「通信履歴」の存在する場所に入り込む場合には、他のオブジェクトの動きに影響を与えた可能性があるため、その時点(時刻)までロールバックし、すべてのオブジェクトをスケジュールするものとする。

### 3 おわりに

超並列マシンにより複数のスケジューラを用いて時空間オブジェクトモデルを実現させ、マイクロ交通シミュレーションのような応用を適用させた場合、都市部と過疎部で負荷がかなり異なるため、サブ領域間で時刻の開きが大きくなってしまい、これらのサブ領域間を通過するオブジェクトが多く存在する時はロールバックの頻度が非常に高くなると考えられる。このため、負荷をなるべく均等になるようにサブ領域に割り当てることにより、サブ領域間の時刻のズレを少なくして、ロールバック処理の殆んどを部分的再スケジューリング処理で済ませることを理想としている。従って、今後、シミュレーションの前処理として、もしくはシミュレーション中に各サブ領域の負荷を均等にするための工夫が必要となる。

また、この時空間オブジェクトモデルにおける各機能を、ユーザのプログラムによって実現させる部分と、システム(処理系)に持たせる部分に切り分る検討も行なっていかなければならない。

### 参考文献

- [1] 浜嶋 眞一郎: 交通流シミュレーション, オペレーションズ・リサーチ, 1990年2月号.
- [2] 小中 裕喜, 横田 隆史, 瀬尾 和男: 並列計算機上のオブジェクト間の間接的通信の実現について, 情報処理学会研究報告 プログラミング-言語・基礎・実践 9-3 pp17-24, 1992.10.30.
- [3] 松本 幸則, 瀧 和男: パーチャルタイムによる並列論理シミュレーション, 並列処理シンポジウム JSPP'93, pp365-372, 平成3年5月