

## 5F-7

## オブジェクト指向概念に基づく 磁気テープ制御装置性能評価シミュレータの開発

里山 愛† 栗原謙三† 小林 隆† 西村利文†

†(株)日立製作所 システム開発研究所 ††(株)日立製作所 ストレージシステム事業部

### 1. はじめに

オブジェクト指向概念に基づいた磁気テープ制御装置の性能評価シミュレータを開発した。本磁気テープ制御装置は、高性能化を狙いとしたマルチバス、マルチプロセッサ構成の並行分散制御システムである。本論文では、並行分散システム性能評価シミュレータへのオブジェクト指向概念の適用方法を紹介し、具体的にその効果や利点について論じる。

### 2. 非オブジェクト指向型シミュレータの問題点

非オブジェクト指向型シミュレータ開発には次の問題がある。

#### (1) 並行処理の記述が困難

制御の流れを決めてデータの処理を逐一記述する方法であるため、割込み処理を組み込んで処理順序を変えることは難しい。このため、並行分散制御システムのモデル化が困難である。

#### (2) デバッグが煩雑

プログラムのどこでデータが書き変わったかを発見しにくいためデバッグが煩雑になる。これは、データと処理(手続き)が別々に存在するため、あらゆる処理からいろいろなテーブルをアクセスするために起こる。また、シミュレーションにおいては、普通のプログラムとは異なり時間の変化を伴うシステムの状態変化を記述しているため、コンパイル時には何も誤りがなくても、実行が進んだ段階やシミュレーションのパラメータ変更時にテーブル上のデータが不正な値に書き変わっていることがある。このようなエラーはソースプログラム上からは発見しにくい。

#### (3) テーブル仕様変更の影響が大

各テーブルへのアクセス時には、テーブルのデータ型を意識するため、テーブルの仕様を変更するに当たってはプログラム全体を見直す必要がある。

### 3. オブジェクト指向シミュレータによる問題点解決と新たな課題の整理

#### 3.1 問題点の解決

上記問題点をオブジェクト指向概念を採用することにより、以下のように解決できる。

##### (1) 並行分散制御システムへの容易な適用

物理的な実体に即してシステムをオブジェクトに分離することにより、並行分散制御システムを容易にモデル化できる。具体的には、逐次的処理をオブジェクト内部の処理としてメソッドで定義し、並行処理過程で発生する種々のやりとりをメッセージパッシングすることで実

Object Oriented Simulator for Performance

Evaluation of MT Controller

Ai SATOYAMA, Kenzou KURIHARA, Takashi KOBAYASHI,

Systems Development Laboratory, HITACHI, Ltd.

Toshifumi NISHIMURA, Data Storage&Retrieval Systems

Division, HITACHI, Ltd.

現する。また、システム構成の変更、或いは、新たな要素の追加などは、オブジェクトの追加で実現できる。

##### (2) データ保護が可能

データと手続きは一体化しており、データが所属しているオブジェクトがアクセス権をもつため、データが書き変わる場所が一意に決まり、データ保護が可能となる。このため、デバッグ等でテーブル仕様を変更しても、管理するオブジェクト内だけで局所的に変更できる。同様に、メソッド部についてもデータカプセル化によりプログラム改造の影響を局所的なものに抑えることができる。このためデバッグがしやすい。

##### (3) テーブル仕様を意識しないデータ参照可能

各テーブルへのアクセス時にはアクセス権のある特定のオブジェクトにアクセスしてもらった結果をもらうだけなので、各処理内ではデータ構造を意識することなく引用できる。

### 3.2 新たな課題

#### (1) シミュレータ内時刻管理機能

実際の並行分散制御システムでは、ハードウェアの相互通信によって処理の起動がかかる。シミュレータ上では、実際の起動信号を出すタイミングより前に起動信号を出し実行予定時刻まで待つ。このため、後から到着した信号が実行待ち信号の間に割り込まれる場合があり、信号の到着順に処理を実行するとは限らない。そこで、信号を実行予定時刻順に実行できるよう管理する機能が必要となる。

また、C++上で、メッセージにセンダ、実行予定時刻等の情報を記述するため、処理起動メッセージ専用の記述方法を定義する必要がある。

一般に離散系シミュレーション言語は、シミュレーション・プログラム作成を簡易にするため、自動的な時刻管理機能等を装備するなどの工夫が施されている<sup>(1)</sup>。オブジェクト指向言語による離散系シミュレータ開発でも、時刻管理機能を持ったクラスを設けている<sup>(2)</sup>。これと同様に、制御装置専用で定義したメッセージ用の時刻管理機能を持ったクラス定義が必要となる。その際に、時刻管理部分はシミュレータの必須の機能であり、これらの基本的な部分から対象システム毎にプログラムを開発すれば、労力、時間、費用共にかかるため、他の部分から切り出し汎用性を高める必要がある。

#### (2) 非オブジェクトのモデル化

マルチプロセッサ構成のシステムでは、プロセッサ群がアクセスする情報は共有メモリ上に格納されている。一方、共有メモリに対する手続き処理は各プロセッサ上にある。このような非オブジェクト構造に対するモデル化の工夫が必要となる。

### 4. オブジェクト指向型制御装置性能評価シミュレータ

上記課題を解決するオブジェクト指向型制御装置性能評価シミュレータを開発した。

4.1 方針

次の2つのオブジェクト群から構成する。

(1) システムオブジェクト群

シミュレータの開発、デバッグ、実行をサポートするための汎用オブジェクト群で機能的な基盤。

これを設けることにより、メッセージの時刻管理を行うと共に、1ヶ所からメッセージ送出するため並行/同期の関係を見やすくしデバッグ時のバグ発見がしやすい。さらに、対象となるシステムが変わってもシステムオブジェクト部分はそのまま使用し、下記のアプリケーションオブジェクト部分だけを別途開発してはめこめば良いため、開発期間が短縮される。

(2) アプリケーションオブジェクト群

対象とするシステムの各要素をモデル化するためのオブジェクト群で対象毎の固有部。

4.2 プログラム構成

(1) システム実行(時刻管理)オブジェクト群

(a) イベント収集オブジェクト

各実行体オブジェクトからイベント作成メッセージを受け、各実行体オブジェクト間のシステム動作模擬を指示するイベントを作成する。ここでいうイベントとは、イベント名、イベント登録時刻、イベント起動時刻、セクタ、レシーバを1データとして持つ動作模擬の指示メッセージのことである。作成したイベント群の中から実行予定時刻の最早のイベントを(b)へ渡す。

(b) イベント発送オブジェクト

(a)から渡されたイベントをレシーバ(実行体オブジェクト)へ送出する。

(c) 時刻管理オブジェクト

(b)がイベントを送出する度に、シミュレーション内の現在時刻をイベント起動時刻まで進める。

(2) アプリケーションオブジェクト群

(a) シミュレーション条件定義オブジェクト

シミュレーションの入力データを受け付ける。

(b) 実行体オブジェクト群

対象システムを3つのオブジェクト群に分ける。

(i) 機械的動作機構オブジェクト群: システムの各ハード要素をオブジェクトで表現する。受け取ったイベントと現在のオブジェクトの状態から、イベントに対応する処理の実行可否を判断する。

(ii) プロセッサ等の論理的動作機構オブジェクト群: 制御ソフト部分はメソッドとして記述し、ローカルメモリ上のデータはオブジェクトのデータ部と記述する。

(iii) 共有メモリ装置オブジェクト群: 各装置から参照/更新される共有メモリ上のデータは、シミュレータ上では1オブジェクトと考え、データを編集/参照するメソッドをもたせる。

(c) シミュレーション結果算出オブジェクト

シミュレーション終了後、履歴データから評価値を算出する。

5. 磁気テープ制御装置への適用例と結果例

磁気テープ制御装置は、図1に示すように、ホスト計算機、チャンネルインターフェース、チャンネル側プロセッサ、ドライブ側プロセッサ、ドライブ装置、データを一時的に格納するデータバッファからなる。

ホスト計算機からのデータはチャンネルインターフェースが受け取り、チャンネル側プロセッサの転送制御により、データバッファへデータを書き込む。ドライブ側プロセッサはチャンネル側転送とは非同期でバッファからドライブ装置へ書き込む。転送処理時には、マルチバスからのバス割付、データ圧縮を行う。今回、チャンネル側プロセッサ4台、ドライブ側プロセッサ4台、ドライブ装置16台構成の装置を評価した。

このバスのスケジューリングの特長的な方式を作成、評価するため、図2のような磁気テープ制御装置性能評価シミュレータを開発した。実行結果例は図3に示す。

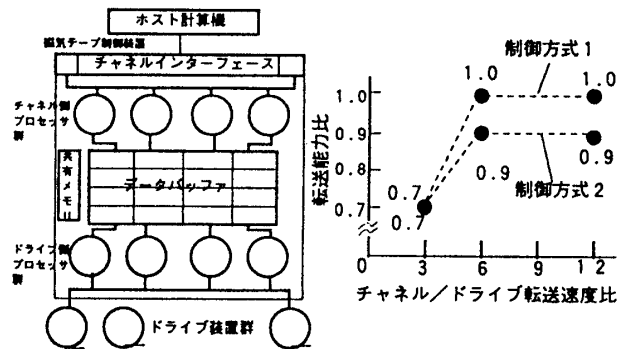


図1 磁気テープ制御装置概要 図3 実行結果例

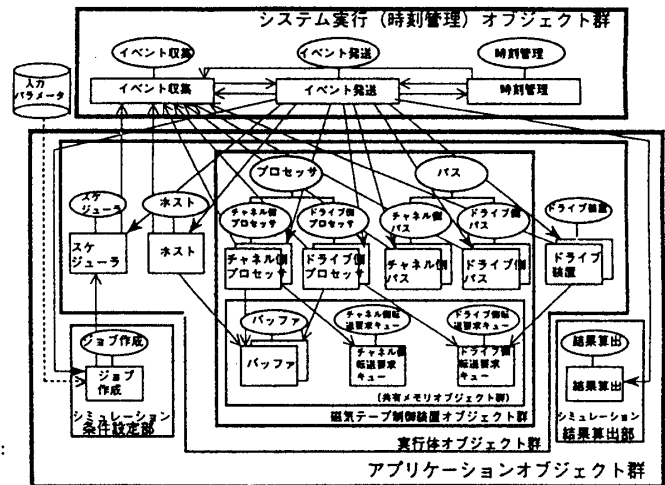


図2 磁気テープ制御装置オブジェクト関連図

6. おわりに

オブジェクト指向型シミュレータの構造と基盤機能を提案した。これを、磁気テープ制御装置に適用し、具体的にプログラミングすることで確認した。

7. 参考文献

[1] 山本喜一著;『オブジェクト指向とシミュレーション』、1988年4月、情報処理学会誌Vo29, No.4  
 [2] J.McGregor他;『Applying the object-oriented paradigm to discrete event simulations using theC++ language』、1990年2月、SIMULATION, P83-91