

## 臨場感図書館における多地点空間共有方式

7R-3

國枝 和雄 広明 敏彦  
通信・放送機構 奈良リサーチセンター

## 1 はじめに

通信・放送機構奈良リサーチセンターでは、一般の利用者が自然でかつ理解しやすい操作でマルチメディア情報を検索できることを目標に臨場感図書館の研究を進めている[1]。臨場感図書館はCGによる3次元ウォークスルーを基本とし、図書館のメタファによって散策的情報検索を実現するシステムである。現在、本システムにおいて多地点空間共有型のサービスを実現するための機能拡張について検討を進めており、本稿では、通信メッセージに付加した時刻印を用いて、性能差の大きな異分散環境における実時間性を確保し、さらにサイト間での仮想空間の一貫性を保証する方式について提案する。

## 2 背景

VRMLの標準化等に伴い、CyberPassage[2]を始めとした、ネットワーク上で3次元CG空間を共有する形態のシステムが数多く提案されている。我々も、臨場感図書館において一般家庭の利用者と図書館の司書の間、あるいはネットワーク化された図書館の複数利用者の間などで仮想空間を共有したサービスを提供すること一つの目標としている。これら共有空間を実現するシステムでは、複数の利用者が空間によって表現される情報を共有することを目的としており、発信者が意図した通りに受け手側に空間表現を伝達することが重要となる。しかしながら、インターネットの様に品質の保証されないネットワーク上に多種多様な計算機が接続された現状の環境では、利用者の環境において必ずしも情報発信者が意図した通りの表現が行なわれない。顕著な例として、ネットワーク帯域の不足や計算機の性能差を原因として、データ転送や一部計算機上での処理が間に合わず、同じ空間を共有しているとは言い難い状況を招くことが挙げられる。この問題に対して、マシン性能やネットワーク帯域に応じて異なる詳細度のモデルを用いることによって転送時間を削減し、低性能な環境における実時間性を向上させる方式が提案されている[3]。これは、主にネットワーク帯域の不足に対処したものであるといえる。一方、我々は、単純形状のオブジェクトが多数ある場合、モデルの表現力を保ちたい場合、あるいはネットワーク帯域は充分だがマシン性能の差異が大きい場合には、むしろ仮想空間の変化の詳細度を環境に応じて制御することが有効であると考え。すなわち、仮想

空間を更新するステップ幅を各サイトにおいて適宜変化させることによって、一部のサイトの処理が著しく遅れることを防止できる。この考えに基づいて、本稿では、通信メッセージに付与された時刻印によって各サイトの遅れを算出し、それが閾値を越えた場合に仮想空間の更新ステップを大きくとることによって遅れを解消する方式を提案する。

さらに、共有空間実現上の課題として共有空間に関するサイト間での一貫性を保証することが挙げられる。すなわち、矛盾のない共有空間を実現するためには、すべてのサイトでオブジェクト操作が同じ順序で実行され、その結果、どの時点でも各サイトの共有空間が同じ状態となることを保証する必要がある。ここで、臨場感図書館では前述の通りオブジェクトの同期制御のためのメッセージに時刻印を付与している。本稿では、この時刻印を用いることによって、並行処理制御として一般的な時刻印方式[4]と同様に一貫性を保証できることを示す。

## 3 空間共有の基本方式

臨場感図書館における空間共有の概要を図1に示し、各部について説明する。

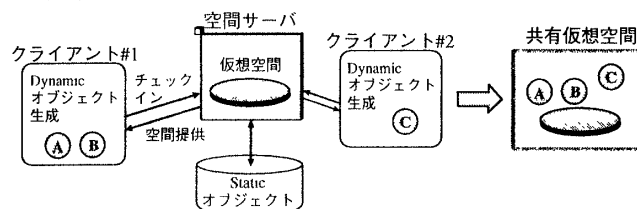


図1: 共有空間実現の概要

## 3.1 共有オブジェクト

臨場感図書館において仮想空間を構成するオブジェクトは、変形や移動などの状態変化を行なわないstaticオブジェクトと、移動、回転、変形などの変化が可能なdynamicオブジェクトに大別される。臨場感図書館では、staticオブジェクトは図書館の部屋を構成するオブジェクトであり、dynamicオブジェクトは利用者操作の対象となる本オブジェクト等である。

## 3.2 システムプロセス

本システムの仮想空間は、下記の空間サーバとクライアントアプリケーションによって実現される。

## (1) 空間サーバ

空間サーバは、共有空間を管理するプロセスである。共有空間を構成するstaticオブジェクトに対応する3次元モデルを保持しており、クライアントのチェックインに伴って同3次元モデルを転送する。

## (2) クライアント AP

クライアント AP は、実際に利用者への仮想空間の表示、利用者とのインタラクションを行なうプロセスである。クライアント AP は、空間サーバへチェックインすることによって、仮想空間の環境 (static オブジェクト) を獲得し、その後、任意の dynamic オブジェクトを生成することによって、アプリケーションを実現する。共有空間内では、図 1 に示した通り各クライアント AP がそれぞれ dynamic オブジェクトを生成することが可能であり、利用者にはすべての dynamic オブジェクトを含めたビューが提示される。ここで、dynamic オブジェクトを生成したクライアント AP のことを、そのオブジェクトのオーナーと呼ぶ。

### 3.3 時刻印の管理

本システムでは、時刻印として各サイトのシステムクロックの値を用いる。なお、各サイトのシステムクロックは、Network Time Protocol (RFC1059/1119/1305) に基づいて十分な精度で同調されているものとする。

## 4 オブジェクトの同期

サイト間で共有オブジェクトの状態を同一に保つ同期処理について述べる。ここでは、オブジェクトを対象として移動、回転を行なう操作を総称して「移動操作」と呼ぶ。同様に、オブジェクトの見掛けの変化を伴う拡大、縮小、変形、表面マテリアルの変更などを総称して「変形操作」と呼ぶ。臨場感図書館では、移動/変形いずれの操作もそのオーナー AP のみが行なうことが可能であり、これら操作に伴って各サイトのオブジェクトの複製を同じ状態に同期させるために以下のメッセージが他サイトに送信される。この時すべてのメッセージには時刻印が付与される。

- 変形操作の場合のメッセージ

操作を行なったと同時に、変化の内容とオブジェクトの位置および方向情報を送る。

- 移動操作の場合のメッセージ

操作毎ではなく、イベントループを一定回数経過する毎に、移動操作の対象となったオブジェクトの位置および方向情報を送る。

一方、これらのメッセージを受け取ったサイトでは、その内容に応じてオブジェクトの更新を行なう。

### 4.1 オブジェクト更新の省略

オブジェクトの移動操作については、一連の移動が複数描画フレームに渡って処理されるために、意味的に一回の移動に対して複数の更新メッセージが送られる状況が考えられる。この時、受け手のサイトの描画処理能力がオーナーのサイトより劣る場合、すべての更新を忠実に行なうと処理速度の低下を招くことになる。そこで本システムでは、更新メッセージを受けとった各サイトにおいて更新メッセージの時刻印を参照し、発行時からの経

過時間が閾値を越えた場合には、過負荷であると判断して当該更新メッセージを破棄する。すなわち、負荷が高い場合には各サイトの判断で移動途中の表示を省略する。このように、各サイトがそれぞれの判断で負荷に応じて描画処理を決定できるため、異種分散の環境でもサイト間での空間更新の時間のずれを低減することができる。ただし、移動の始点/終点などキーとなる更新メッセージについては必ず処理するものとする。

## 5 利用者の操作に対する処理

利用者からのオブジェクトに対する操作 (ポインティングなど) は、サイトの別に関係なく、当該オブジェクトのオーナーサイトで一元的にイベントキューに登録される。登録されたイベントに対する処理も、オーナーサイトで行なわれる。すなわち、利用者の操作は、

- (1) 利用者による操作の実行
- (2) オーナーへのイベント通知/キューイング
- (3) オーナーによるキューからのイベント取り出し
- (4) オーナーによるハンドラの起動
- (5) 更新メッセージによる全サイトでの更新という手順でオブジェクトに反映される。

### 5.1 時刻印による一貫性制御

前述のように、利用者操作はオーナーサイトのイベントキューにおいて一元的に管理されており、ここでのイベントの順序を矛盾なく保つことによって、すべてのサイトの一貫性を保証することが可能となる。そこで、いわゆる時刻印方式と同様に以下の処理を行なう。

- (1) 各イベントには、利用者要求が行なわれたサイト上で直前に処理された同期メッセージの時刻印とシステム時刻印の大きい方の値を時刻印として付与する。
- (2) キューに登録されたイベントは、最も古い時刻印を持つイベントから実行する。
- (3) 最後に処理したイベントの時刻印を  $T_0$  とする。
- (4)  $T_0$  より古い時刻印を持つイベントは破棄する。

## 6 おわりに

本稿では、臨場感図書館における共有空間の実現方式について述べた。現在、本方式の実装を進めており、その後、実環境での評価を予定している。

## 参考文献

- [1] 國枝, 広明: 仮想空間演出を特徴とする図書検索インタフェース「臨場感図書館」の開発, 情処研報 96-IM-28-7(1996).
- [2] 本田: VRML の最新動向と CyberPassage, *bit*, 共立出版, Vol. 28, No. 9, pp. 29-36 (1996).
- [3] 中村, 平池: サービス品質制御のための VRML 階層化方式, 第 53 回情報処理学会全国大会論文集, 5Q-2 (1996).
- [4] P. A. Bernstein and N. Goodman: Timestamp Based Algorithms for Concurrency Control in Distributed Database Systems, In *Proc. of 6th International Conference on Very Large Databases*, pp. 285-300 (1980).