

分散仮想環境応用システムにおけるデータベースによる構築支援

宮内 信仁 福岡 久雄 下間 芳樹
三菱電機(株) 情報技術総合研究所

3次元仮想空間をネットワーク上で共有し、複数のユーザがその中で共同作業を行える分散仮想環境の応用システム例には、サイバーモール、技術相談支援システム、仮想教育システムなどがある。このようなシステムを構築するときには、活動する仮想空間内の店舗、製品、顧客、作業場面、オブジェクトの操作などのデータ設定を、各作業状況や活動場面に応じて矛盾なく行う必要がある。そこで、関係データベースを利用することで、分散仮想環境の応用システムに特有なデータの整合性を管理し、応用システムの構築時の各種データ設定を支援する環境を開発した。本稿では、この環境の果たす役割、分散仮想環境に適したデータベース構造、試作システムについて述べる。

Development Support by Database for Distributed Virtual Environment System

Nobuhito Miyauchi Hisao Fukuoka Yoshiki Shimotsuma
Information Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corp.

Recently cyber mall, technical consulting systems, virtual educational systems, and so on are developed as examples of distributed virtual environment systems on which multiple users share 3D virtual spaces through network, communicate and work collaboratively. It is necessary to manage data about shops, products, customers, scenes, handling of objects and so on in the virtual spaces consistently according to working conditions and scenes in implementing these applications. We developed the environments to support setting up of various data by managing consistency of data for distributed virtual environment applications by relational databases. In this paper we will present its role, the adequate database structure for distributed virtual environment and our prototype system.

1. まえがき

インターネット上でCGによる3次元仮想空間を複数のユーザで共有し、その中をウォークスルーしながら仮想的に表示された人物像(アバタ)に対して各ユーザが自分の化身として身振りなどを行わせ、他のアバタを通して他のユーザと会話を行えるサイバースペースが出てきている。Community Place^[1]、WORLDS CHAT/J、People Space^[2]、CyberCommunity/3D^[4]、InterSpace^[5]、DIVE^[6]などがその例である。

これら分散仮想環境の応用システムの機能としては、店舗や娯楽施設をウォークスルーしたり、商品を取り上げて調べてみたり、他のアバタと会話をしたりするなど、上述のどのシステムにおいても共通的なものである。3次元仮想空間内に表現される建築物、娯楽施設、商品などのコンテンツもかなり類似した内容であり、VRML^[7]による記述が主流になっている。

一方では、サイバーモール、商品や機械の技術的な相談を行なうシステム、仮想空間で物理実験を行なう遠隔教育システムなどを開発するにあたり、モール経営者、相談対象の製品の説明員、授業を考案する教師などが店、製品、授業内容などを必要に応じて変更し改良したいという要望がある。

これに対処するには、現在、VRMLとその動作記述用のスクリプト言語(JAVA、VRML Scriptなど)のプログ

ラミングを行い、ブラウザのカスタマイズまで含めた作業が必要となる。しかし、各コンテンツや機能プログラムを部品として扱い、応用ソフトウェア全体として組み上げたり、サイバーモールの日々の運営のために各種コンテンツの保守管理を行ったりできる環境はない。

さらに、マルチユーザのための分散仮想環境の観点からは、コンテンツに限らず、共有して利用する資源である操作対象、そのアクセス権、活動する店舗などのスペース、場面など多様な仮想空間のためのデータを論理的に把握し操作できる枠組みもない。

そこで、応用システム構築者にとって、製品モデルデータの入れ替えや操作、スペース、場面などの設定を容易に行える環境について検討を行った。

2. VR 応用システム構築支援のための従来技術

3次元CGによる仮想空間を利用したバーチャルリアリティ(以降、VRと称する)応用システムでは、物体の形状データ、配置する位置や移動可能な領域を示すデータ、見えかたや動作を表現するために付随する色や音のデータなどが必要とされる。物体の形状データは、一般にCADやオーサリングソフトウェアにより作成されているが、これら応用システムの構築データ全てが用意できるわけではない。ただし、Community P

lace Conductor^[6]を始めとした最近のオーサリングソフトウェアでは、小規模なVRMLファイルの作成は容易になってきている。その中でもWorldToolKit^[9]は、階層型データベースによりVR応用システムを定義する各種パラメータの設定管理がプリミティブなレベルでは容易に行える。

一方では、VR用データベースとして、既にVEDF(Virtual Environment Data File)^[10]と呼ばれるフォーマットが定義されている。VEDFフォーマットにて定義するものは、物体の形状や位置、材質やテクスチャ、移動にともなう拘束条件、2つの物体間の親子関係などVRML Ver. 2.0と同様なデータである。VEDFは、仮想空間記述データベースとして、CADなどでは不十分なデータの付加や編集作業が行えるしくみを提供する。同様な目的で、VRMLファイルを対象として検索を行い、各データ素材に様々なデータを付加したり、加工したりできるオブジェクトデータベースとして取り扱う研究もある^[11]。

応用システムの規模が増大すると、ブラウザにロードする一つのVRMLファイルを元にして、部品のなVRMLファイルをURLリンクにて指定する方法も実質的に困難になる。そこで、VRMLファイルの上位置にあるHTMLファイルにて、個々のVRMLファイルをデータベース的に管理する手法が、WWWのホームページ管理者には一般的なものである^[12]。

以上のように、VR応用システムでは、VRMLなどのデータの部品化、統合化が可能なデータベースが必要とされている。

今後、分散仮想環境は様々に機能が高度化していくことが予測される。その一例として、分散仮想環境での協調作業に欠かせない仮想空間内の各オブジェクトや視点などの共有制御がある。複数の利用者が会議、システム開発、手術、技術相談などを行う際に、それぞれ持っている異なった役割、権限に基づき実行場面の状況に従って、参照や操作の能力が制御されるしくみである^[13]。この協調作業でのアクセス権判定のための規則や、各作業フェーズでの利用者の役割がデータベースとして保持され、アクセス制御処理において適宜参照される。同様に、高度な秩序規範が分散仮想環境に導入されれば、データベースによるシステムの高度な運用管理がますます必要になる。つまり、VRMLデータだけでなく、応用システムの構築に必要な各種設定データをデータベース化することが、応用システムの操作性を向上させ構築作業の支援となる。

3. 分散仮想環境応用システム構築に必要なデータのモデル化

本研究では、VRMLデータを部品として扱え、プリミティブなデータだけでなく応用システム側の論理的な意味を持つデータを操作できる枠組を検討する。

3.1 応用システムそれぞれがもつ活動空間とユーザの役割

文献^[14]に列挙されているVR応用システムの分野に基づき、汎用性を考慮しながら、VRシステム構築に欠かせない要素の抽出を行ってみる。

分散仮想環境では、複数のユーザが仮想空間をお互いの活動の場として共有し、そこで実際の作業のような共同作業を行う。その目的が表1に示すようなものであるが、複数ユーザによる共同作業という点で、活動場面と各ユーザの役割が必ず必要になる。

さらに、これら仮想的な作業空間は、壁、柱などの人口造形物、及び、山、樹木などの天然造形物の構築物体により形成される。そして、上記作業に必要な道具、遊戯機具、乗り物などのユーザの操作対象が存在し、これらが運動物体となる。ユーザも運動物体の1つに相当する。このユーザの操作対象以外に、既に運動をしている人口造形物や天然造形物が存在する。

3.2 構成要素のモデル化

上記を元に、ユーザが実現できる機能の観点から上述の全カテゴリに適用できる構成要素のモデル化を行う(図1参照)。まず、各応用システムでは、ユーザが仮想空間を活動する場として自分を投入していく

表1: VR 応用システムの活動場面とユーザの役割

分野	各応用事例に見られる目的	活動場面	ユーザの役割
Education	授業、訓練、シミュレーション	教室	教師、生徒
Business	製品の市場流通のシミュレーション、製品開発	シミュレーション室、会議室	プレゼンタ、技術者、管理者
Architecture	建築設計時のワークスペース	設計中建築物	設計者、顧客、施工者
Science	物理実験、分子モデル	実験室	理論研究者、実験研究者、助手
Medicine	MRIやX線などの可視化、リハビリ、人体モデル、ロボット手術操作	病院、手術室	医師、患者、医療技術者、看護者
Robotics	ロボットの遠隔操作、ロボット運動のシミュレーション	工場、発電所、機械室	技術者、管理者、ロボット操作者
Military	軍事シミュレーション、兵器操作時の視覚情報の単純化	戦場	兵士、士官、技術士官
Tools For The Handicapped	障害者が健常者並みの活動を行える、建築設計時の障害者のバリアフリー性の検証	リハビリを行う場所、設計中建築物	障害者、リハビリ、設計者
Flight Simulators	飛行シミュレーション	飛行エリア	教官、訓練パイロット、模擬敵役
Art	VR利用のインタラクティブアート	アート空間	芸術家、助手、一般鑑賞者
Entertainment	アドベンチャーゲーム、ビデオゲーム	活劇舞台、戦場	冒険家プレイヤー、兵士プレイヤー
Sports And Fitness	技術、試合などのシミュレーション、自転車やスキーなどのエクササイズ	プレイフィールド、競技コース	審判、監督、競技選手

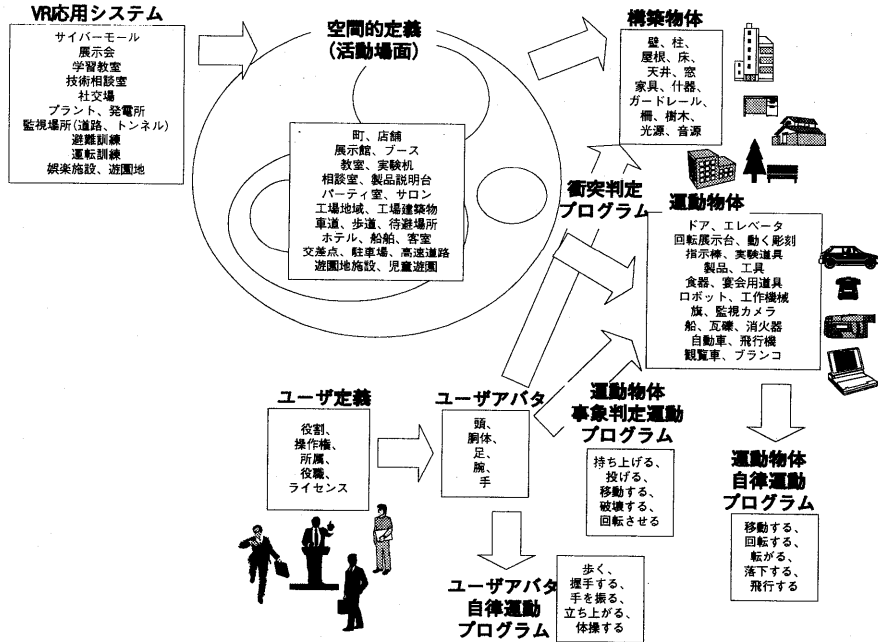


図 1：分散仮想環境応用システムの構成要素

として、活動場面としての空間の定義とユーザが何物であるかの定義が必要になる。その空間は、各応用システムごとに論理的な意味をもち、構築物体や運動物体により構成される。これらの物体も論理的な意味をもつが、実体は3次元モデルデータそのものである。

また、構築物体と運動物体は厳密に分ける必要はなく、構築物体を必要に応じて運動プログラムにて動かせば運動物体になる。一方、ユーザも仮想空間ではアバタとして表現され、運動物体に相当する。ユーザの活動がユーザアバタの3次元モデルの動きとなり、既存の構築物体や運動物体と干渉することで、仮想空間内に変化が起こり、活動が行われたことになる。物体つまり3次元モデルの運動や相互作用は、全てVRML 2.0のビヘイビアやセンサーなどのプログラム記述にて実現が可能である。

以上の構成要素を元に応用システムのデータを整理できるデータベース構成を検討する。

4. 分散仮想環境に適したデータベース構造

前節の検討から、分散仮想環境の応用システムに適する関係データベースの汎用的な構造を図 2に示す。

(1) 空間を構成する構造物や環境などのデータ

物体の形状やスケールや配置座標のデータ、仮想空間内での環境音による音場のデータ(音源波形、可聴領域)、光源のデータ。構築物体や運動物体が階層的なデータとして管理できる。例えば、仮想空間の領域を国、町、商店街、店舗、陳列棚というように、より広い空間から、小さな空間まで階層的に管理を行う。

(2) 動的な操作対象物体などの運動や事象判定のデータ

物体(運動する可能性をもつ)に対して行う利用者の操作に関するデータ、衝突判定に関するデータ、仮想空間内のある条件が成り立った場合に発生する事象に関するデータ。VRML 2.0の運動やイベントの記述に相当するデータといえる。

(3) 応用システムに特有な各構造物、操作などの論理的なデータ

論理的な意味をもつ各応用システムに固有のデータ。サイバーモールでは、町、店舗、製品、営業時間、試使用機能などに関するデータである。プリミティブなデータ設定は、(1)、(2)により可能だが、応用システムの構築者が論理的な意味を持つデータ設定ができるようにする。特に、このデータテーブルは、機能

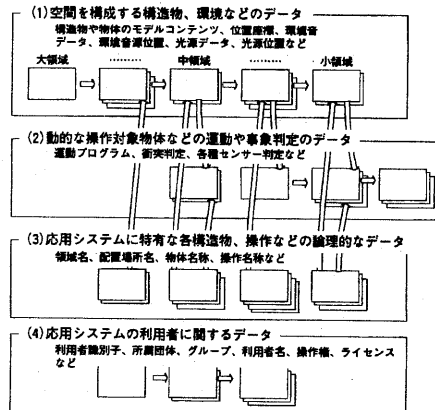


図 2：分散仮想環境応用システムに適したデータベース構造

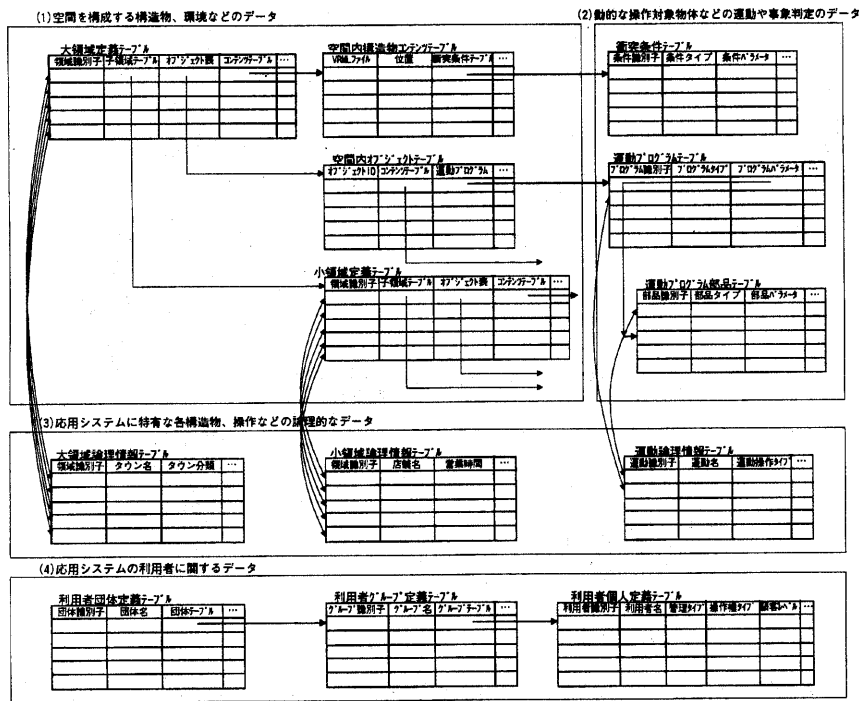


図 3：分散仮想環境応用システムのデータベース適用例

の選択の条件を記述した論理演算テーブルとして活用ができる。ただし、空間とは独立した存在であるユーザに関するデータは、ユーザごとに管理する。

(4) 応用システムの利用者に関するデータ

仮想空間内で可能な操作を、各利用者のシステム管理上のユーザレベル、商品情報に対するライセンスの有無、モール利用時の契約レベルなど様々な権限のレベ

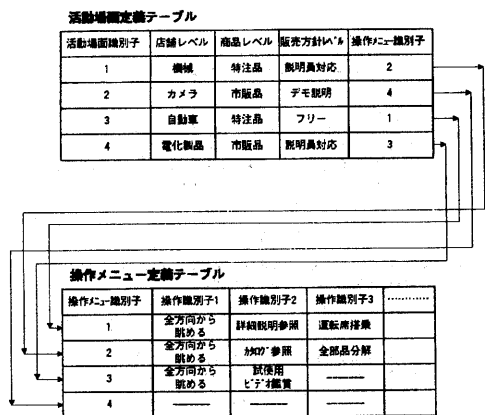


図 4：活動場面の条件から決定される操作メニューのテーブル構成

ルの構成を示す。サイバーモールなどで、ユーザの操作する商品に対して、店舗レベル、商品レベル、販売方針レベルなどの条件により、操作メニューが定められており、テーブルに登録されている。ユーザがモールの店舗を移動しながら、商品を目の前にして操作を行うとき、メニューを表示させるが、現在いる店舗のレベルと、その商品のレベルと、その店舗に設定されている当日の販売方針レベルに基づいて操作メニューが決定される。

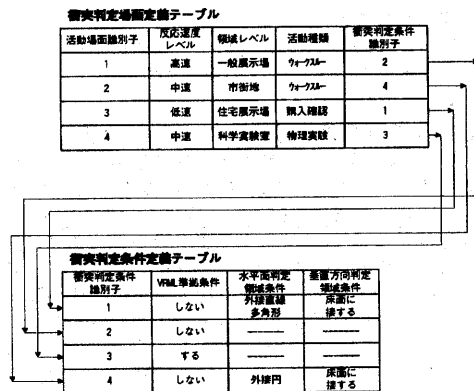


図 5：活動場面の条件から決定される衝突条件のテーブル構成

ルにより管理する。他にアバタコンテンツのデータも含む。各機能の実体は、基本的には(2)での運動などのプログラムの機能により実現できるが、そのアクセスレベルを決定するために必要な情報となる。各ユーザは所属に応じて階層的に管理される。図 3に上記のテーブル構成の単純な適用例を示す。

5. 論理演算の有効性

論理的なデータのテーブル群による論理演算の具体的な例を示す。

図 4にユーザの活動場面の各条件から、操作メニューを決定できるテ

同様に、図5にユーザが活動場面の各条件から、衝突判定の処理アルゴリズムを選択できるテーブルの構成を示す。サイバシティ内のユーザが、移動する際に、周囲の障害物に対する衝突判定の処理を行うが、その処理アルゴリズムは多様で、計算コストにも幅がある。そこで、ユーザが移動する速度レベル、ど

のような場所にいるか、どのような目的の活動なのかによって、衝突判定の処理をどこまで行うかを容易に設定しておくことができる。

以上のように、このような複雑な条件処理に必要なものは、論理的なデータだけであり、VRMLデータは一切不要となる。これから、論理的なデータのテーブル群の効用が大きいことがわかる。

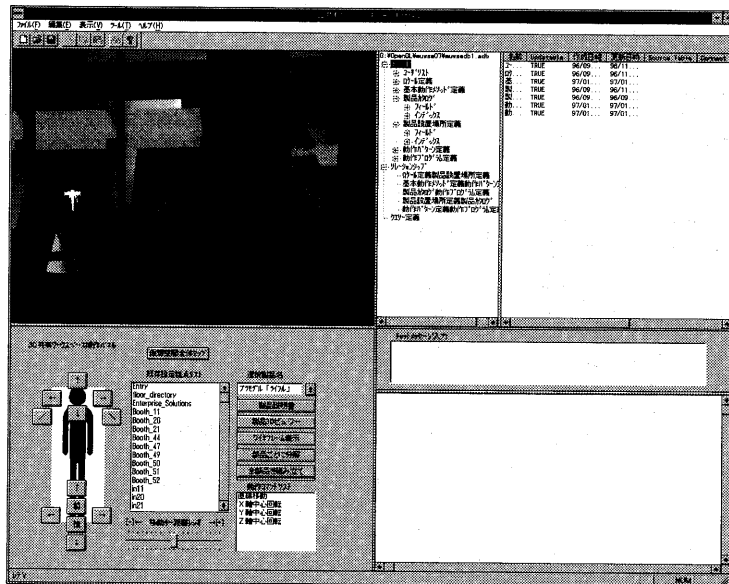


図6：試作システムの画面表示例

6. 本構築支援環境の試作システム

前述の関係データベースを評価するために、試作システムを構築した。図8に試作システム全体の構成を示す。基本的なサイバモールを例に実装を行った。

試作システムは、MicrosoftのAccessを利用し、Visual C++上に開発した。今回はVRML2.0の実行処理系をモデルとして簡易な実行処理系を作成し、これに適用を図った。図6に試作システムの画面表示の例を示す。

Accessなどの関係データベースソフトウェアでは、データの入力インターフェースについてデータを直接処理する部分とは独立して開発でき、一般のユーザが入力操作が容易な入力部を別途に開発できる。

入力データとしては、3次元仮想空間の幾何学的な情報に関するものもあるので、グラフィックエディタのようなGUIと組み合わせることで、よりオーサリングソフトウェア的な環境に改良することも可能である。

7. 適用例：サイバモール

3次元仮想空間内でのショッピングを実現した本格的なモールは現状まだ現れていないが、そのモデルスタイルとして、VWWWのSuperCity^[15]などがある。このSuperCityでは、パソコンのボードの挿入方法の学習、住宅の間取りや設備の確認、ビデオデッキの試使用などができる。これらには、3次元内の運動物体を操作するという上述の応用システムの構成要素モデルが適合できる。

電子商取引実証推進協議会のWG1では、サイバモールの構築技術を実証評価するガイドラインの検討を行っており、これから、モー

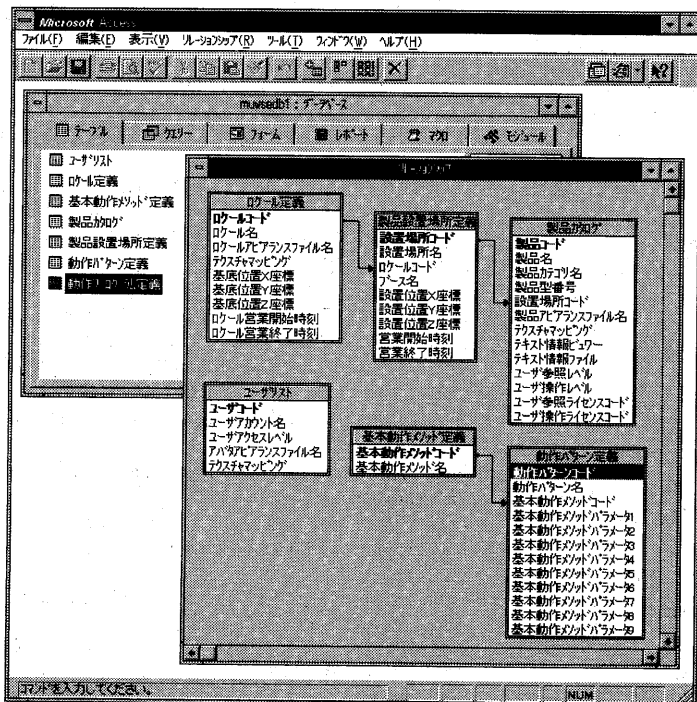


図7：適用例(サイバモール)のデータベース構成

ル機能の要件を参照できる。サイバーモールでのユーザの商行為のフローを文献^[16]では、7フェーズに整理しており、仮想空間内でのユーザアバタの行為と関係があるのは、以下の最初の2つのフェーズである。(a)パイロットフェーズ(モールの入口から、ユーザを店舗やその他のコンテンツに導く)(b)プレゼンテーションフェーズ(ユーザが店舗の中に入ってから、商品を手にとり眺め、選択する)これ以降のフェーズは、商品を確認した後の購入手続きでは、商品選択、氏名や注文内容の記入などのWWWブラウザ上での入力操作となり、検討対象からはずれる。パイロットフェーズは、一般的なウォークスルー機能に該当する。プレゼンテーションフェーズの機能には多様なものが考えられる。

図7に試作システムのデータベースのテーブル構成を示す。必要なデータとして、店舗の構えのモデルデータ、製品を陳列する場所、営業時間帯、試使用機能の動作記述などが挙げられる。本試作システムでは、これらのデータを上述のデータベース構造に基づいてテーブル形式を設計した。ただし、本システムの規模が小さいためにテーブルの参照しやすさを重視して、前節の(1)~(4)の分類のうち、(3)の論理的なデータを別テーブルとして設定せずに、他のテーブル内の対応箇所にそれぞれ設定した。

[1] データベースのテーブル構成

店舗領域をここではロケールと呼ぶ。サイバーモールでは、店舗、製品陳列棚、製品と別々に管理したいので、それぞれロケール定義、製品設置場所定義、製品カタログと異なるテーブルに情報を格納している。

[2] 各種データの設定

各店舗や製品陳列棚では、営業時間帯を個別に設定したり、製品では顧客の資格によって参照や試使用の権利を設定したりすることができる。店舗、製品、ユーザのアバタなどのモデルデータ(VRML)も個々に指定、変更ができる。データベースの自動的な整合性の管理機能により、製品の配置場所に置くことのできる製品を1つに限定できるし、1度配置場所に置いた製品を他の場所に誤って置けないようにもできる。

[3] 共同で製品を操作する機能の拡張

現在の試作システムでは、製品の解説のために表示方式を変更したり、参考データを表示させたり、簡単な動作を行なったりすることができる。図6の例での動作機能ではマウス操作で代行できる程度しか示していないが、単純操作の組み合わせによる定義をテーブル上で行い、全部品の解体や組み立てを再現する複雑な操作を実現できる。

将来的には、各利用者がある操作権レベルや作業場面によって可能な操作のみをメニューリストに出し、規律ある協調作業を支援することも可能である。

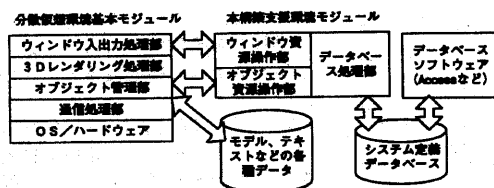


図8：システム全体構成図

8. まとめ

分散仮想環境の応用システムの構築を支援するための関係データベースを利用した環境について検討をした。特に、これらシステムに必要なデータを分類し汎用的に利用できるデータベース構造の枠組みを抽出できた。本構築支援環境の試作システムとして、サイバーモール経営者などの一般的なユーザに店舗経営や製品の操作などを容易に行なえることを目的に実装を行い、一般的な関係データベースソフトウェアにて操作ができることを確認した。

今後は、他の多くの応用システムについて本構築支援環境の適用を図り、より詳細な汎用的データベース構成について検討する。

参考文献

- [1] ソニー(株), "Community Place," <http://vs.sony.co.jp/>.
- [3] (株)ピープル・ワールド, "People Space," <http://www.people.or.jp/pspace/ps.html>.
- [4] (株)富士通, "CyberCommunity/3D," <http://CyberCommunity3D.gmsnet.or.jp/cc96/>.
- [5] NTTソフトウェア(株), "InterSpace," <http://www.ntts.com/interspace/>.
- [6] SICS, "DIVE," <http://www.sics.se/dce/dive/dive.html>.
- [7] VRML Architecture Group, "VRML ホームページ," <http://vag.vrml.org/>.
- [8] R.Lea, 松田 晃一, 宮下 健, "Java と VRML 2.0 で作るインタラクティブ 3D ワールド," (株)プレントニスホール出版, 東京都新宿区, 1997年6月.
- [9] SENCE8 Corp., "WorldToolKit," <http://www.sense8.com/products/wtk.html>.
- [10] 高橋 武秀, 野村 淳二, "バーチャルハウジング," (株)日科技連出版社, 東京都渋谷区, 1996年8月.
- [11] 山本 淳, 田中 克己, "大規模VRMLオブジェクトデータベースシステムの設計," 情報処理学会ADBS'95論文集, pp121-129, 1995年12月.
- [12] 中山 茂, "Netscape VRML 入門," 日刊工業新聞, 東京都, 1997年.
- [13] 宮崎 一哉, 寺島 美昭, 佐藤 浩司, 前田 慎司, 山本 尚子, 中川路 哲男, "リアルタイムコラボレーションシステム Cyber OpenNet (4) - 協調作業支援における共有レベル制御 -, " 情報処理学会第54回全国大会予稿集, pp.4.137-138, 1997年3月.
- [14] Ben Shneiderman, "The Encyclopedia of Virtual Environments," <http://www.hitl.washington.edu/scivw/EVE/>, Department of Computer Science, University of Maryland, 1993.
- [15] Superscape Corp., "Virtual World Wide Web," <http://www.com/hub/3dpage.htm>.
- [16] 電子商取引実証推進協議会 モール構築技術検討WG, "モール構築技術実証評価モデル -- 表現・表示及び操作性(アルファ版) --," 電子商取引実証推進協議会, 東京都江東区, 1997年3月.