

## 3D デジタルコンテンツのサービスレベル制御

杉山 裕一<sup>†</sup> 木俣 豊<sup>‡</sup> 田中 克己<sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup>神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻

<sup>‡</sup>通信・放送機構神戸リサーチセンター

<sup>‡‡</sup>神戸大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻

本稿では、ユーザのマルチメディアコンテンツに対する多様な要求に応えることを目的とし、特に3Dコンテンツに注目している。そして、複数の詳細度と振る舞いをもつ3Dコンテンツの複数レベルのサービスを制御するコストに基づいたLOS(Level Of Services)を提案する。また、このLOS制御において、与えられたコストの範囲内で享受できるサービスを動的に変動させる「サービスレンジ」の概念を導入している。さらに仮想空間に対してもコストと空間内のオブジェクトと視点の距離を基準にしたLOS制御も提案する。

### Cost-based Dynamic LOS-control for 3D Digital Content

Yuichi Sugiyama<sup>†</sup> Yutaka Kidawara<sup>‡</sup> Katsumi Tanaka<sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup>Division of Computer and Systems Engineering,

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

<sup>‡</sup>Telcommunications Advancement Organization of Japan, Kobe Research Center

<sup>‡‡</sup>Division of Information and Media Sciences,

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

In this paper, we propose a cost-based service control mechanism for 3D contents using multi-level complex objects. We introduce the concept of "service range" to control the multi-level services provided by the elements of the complex objects and dynamically change the amount of services allowed within the "service range" specified by cost. Furthermore, we also introduce a distance-based mechanism for adjusting each service in the virtual space, which we call LOS (Level Of Service).

#### 1 まえがき

インターネット上にメールのようなテキスト文書だけでなく、静止画や動画または3次元コンピュータグラフィックスコンテンツのようなマルチメディアコンテンツが流通されるようになってきた。このようなコンテンツは、デジタルデータであるために品質を損なわない複製や改変が容易となっている。そのような不正利用を管理するために電子

透かし [1]-[3] やカプセル化による著作権管理 [4] が行われている。

また3Dコンテンツを考えた場合、複数の詳細度と振る舞いの組み合わせをサービスと定義すると、2Dコンテンツでは不可能なサービスをユーザに提供することを可能とする。そのために3Dコンテンツに対する複数レベルのサービスの管理が必要であると考えられる。そこで我々は、3Dコンテンツの

複数サービスを制御する LOS(Level Of Services) を「サービスレンジ」の概念を取り入れて提案する。

以下 2 章では、コストに基づく LOS 制御の概念を述べ、3 章では、複数の 3DCG コンテンツが組み合わせられた編集コンテンツの LOS 制御を述べる。また 4 章では、集合型複合オブジェクトと定義された仮想空間に対して、その空間のコストとユーザの視点から空間内の各コンテンツまでの距離に基づく LOS 制御を述べていく。

## 2 コストに基づく LOS 制御

### 2.1 3D コンテンツのサービス

仮想空間を利用した 3D コンテンツは、従来の静止画像や動画像と異なり、自由な視点でコンテンツを鑑賞できるなど、多様な振る舞いを可能としている。3D コンテンツの制作者は、1つのコンテンツに対して複数のユーザの要求を満足させるために、異なるレベルのコンテンツを用意することが必要である。さらにそれぞれのレベルのコンテンツに価格を設定し、ユーザに選択させることが必要である。本論文では、次のようにコンテンツのサービスを定義する。

#### 定義 1 サービス

コンテンツオブジェクト  $o$  がそれ以上分解できない場合、これを原子オブジェクトと呼ぶ。各原子オブジェクトは振る舞いと詳細度の 2 種類のサービス集合を持つとし、これを次のように記す。

$$o.behavior = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$$

$$o.detail = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$$

あるオブジェクトの 1つのサービスとは、そのオブジェクトの振る舞いと詳細度の対  $(b_i, d_j)$  のことを示す。

多レベルにわたるサービスを多レベルサービスと呼び、その制御を LOS(Level Of Services) 制御と呼ぶ。また本論文では、多レベルなサービスを振る舞うことができるコンテンツを単にオブジェクトと呼ぶ。

3D オブジェクトの LOS 制御技術においては、VRML の LOD(Level Of Detail)[5] や空間データベースのアクセス制御 [6] などがあげられる。

VRML の LOD 制御は、視点とオブジェクトの距離に基づいてオブジェクトの詳細度を自動的に変更する技術である。これは、ノードとして定義

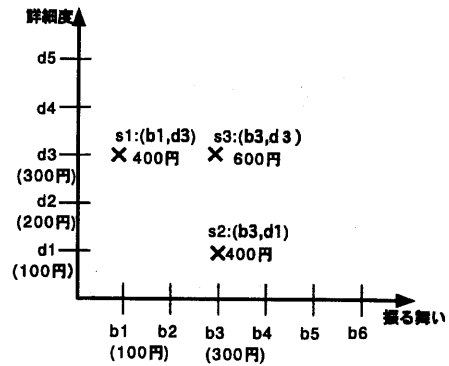


図 1: サービスの組み合わせ

されており、フィールドに距離の配列が用意されている。そして、その値によりオブジェクトの詳細度の変更を行っている。

また、空間データベースのアクセス制御では、オブジェクトに対するユーザのアクセス権に基づいて、オブジェクトの詳細度が動的に変更される。

これらの技術では、以下の点が考慮されていない。

- 振る舞いの制御
- コストについての概念
- コスト設定による等価なサービス間の変動

これらに対して我々は、サービスレンジという概念を用いて複数の詳細度と振る舞いを提供する。

### 2.2 サービスレンジを用いたコストに基づく LOS 制御

ユーザがオブジェクトに対してサービスを与える時の最も単純なサービスの課金方法は、ユーザが選択したサービスの価格を合計することである。

ここでは、高レベルのサービスを使用できるユーザは、それ以下のサービスを使用することが可能であるとする。また、低レベルのサービスしか利用できないユーザが、より高レベルのサービスを受けるためには差額(高レベルサービス料金 - 低レベルサービス料金)を払う必要があるとする。

この方法を図 1 に沿って説明していく。ユーザは、1つのオブジェクトに対して 400 円払ってサービス  $s_1:(b_3, d_1)$  を使用する。その後、このオブジェクトにおいてサービス  $s_2:(b_1, d_3)$  を使用するために詳細度のサービス向上分 200 円を支払ったとす

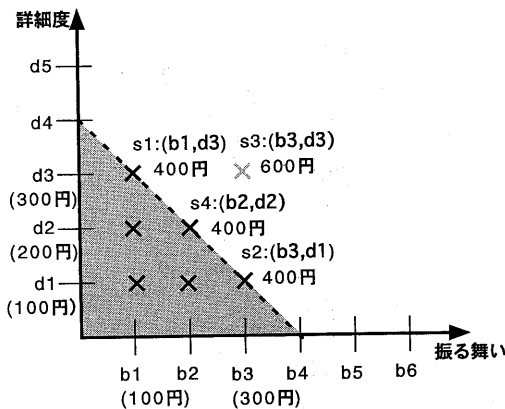


図 2: サービスレンジ

る。この時ユーザは、結局 600 円を支払ってサービス  $s_3:(b_3, d_3)$  を受けることになる。しかし、これはユーザにとって必要以上のサービスであり最適な課金とはいえない。このような状態は、それぞれのサービスの価値を独立して考えるために生じる。

我々は、図 1 のようにオブジェクトの詳細度と振る舞いの各組み合わせに対して個々に価格付けを行うのではなく、図 2 に示された点線によって囲まれた領域 (図の灰色部) に価格を割り当て、その領域内にあるサービスを自由に使用できるサービスレンジという概念を提案する。次にその定義を示す。

**定義 2** オブジェクト  $o$  のコスト  $c$  に対するサービスレンジ

$$\text{serviceRange}(o, c) = \{(b_i, d_j) | \text{cost}(b_i) + \text{cost}(d_j) \leq c, b_i \in o.\text{behavior}, d_j \in o.\text{detail}\}$$

オブジェクト:  $o$ , コスト:  $c$

振る舞い  $b_i$  のコスト:  $\text{cost}(b_i)$

詳細度  $d_j$  のコスト:  $\text{cost}(d_j)$

図 2 の例では、400 円のコストを支払ったためにそれを上限とした領域が設定されたことを示している。ユーザは、サービスの価値が等価な  $s_1, s_2, s_4$  とその領域内のサービスの使用を可能となる。

### 3 コンテンツオブジェクトの LOS 制御

3DCG オブジェクトは、単独で使用される以外に複数のオブジェクトが組み合わせられた編集オブジェクトとして使用される場合も多い。このような編集オブジェクトには、組型の複合オブジェクトや集合型の複合オブジェクトがある。

#### 3.1 組型複合オブジェクトの LOS 制御

組 (tuple) 型の複合オブジェクト  $o_{\text{tuple}}$  は、 $o_{\text{tuple}} = (a_1 : o_1, a_2 : o_2, \dots, a_n : o_n)$  と表せる (各  $a_i$  は、属性、各  $o_i$  は、オブジェクト)。また組型の複合オブジェクトは、複数の素材オブジェクトが組み合わせられた編集著作物である。従って複合オブジェクトのコストは全ての素材オブジェクトに対するコストと編集著作物としてのコストの 2 種類の合計となる。また素材オブジェクトに対するコストは、素材オブジェクト全体に適用されるコストからそれぞれの素材オブジェクトにコストが割り振られ、そのコストに基づいてサービスレンジが設定される。この場合のコストの割り振りを必要に応じて変更することによって、ユーザが興味を持っている素材オブジェクトのサービスを向上させる。また興味を持たない素材オブジェクトのサービスを低下することができる。これにより同一のコストでユーザの興味に反映されたサービスの提供が可能となる。

ユーザがオブジェクトに支払うコストを  $c$ 、編集著作物としてのコストを  $\text{cost}_{\text{edit}}(o_{\text{tuple}})$  とすると、コスト  $c$  に対するコンテンツ  $o_{\text{tuple}}$  のサービスレンジを以下のように定義する。

**定義 3** 組型複合オブジェクト  $o_{\text{tuple}}$  のサービスレンジ

$$\begin{aligned} \text{serviceRange}(o_{\text{tuple}}, c) &= \bigcup \\ & c_1 + c_2 + \dots + c_n = c - \text{cost}_{\text{edit}}(o_{\text{tuple}}) \\ & (\text{serviceRange}(o_1, c_1)) \\ & \quad \times \dots \times (\text{serviceRange}(o_n, c_n)) \end{aligned}$$

但し、 $(c_1, c_2, \dots, c_n)$  は、

$$c_1 + c_2 + \dots + c_n = c - \text{cost}_{\text{edit}}(o_{\text{tuple}})$$

を満たす任意の整数の組み合わせである。

$\text{cost}_{\text{edit}}(o_{\text{tuple}})$  は、素材オブジェクトを編集するためのコストを表す。

コンテンツ:  $o$ , サービスコスト:  $c$

$\text{serviceRange}(o_{\text{tuple}}, c)$  は、直感的には各オブジェクトに対してコスト内で使用できるサービス

の直積である。また、サービスコスト  $c_1, c_2, \dots, c_n$  は、 $c - cost_{edit}(O_{tuple})$  内で変動する。

### 3.2 集合型複合オブジェクトのLOS制御

コンテンツを制作するための素材集として用いられるような集合 (set) 型複合オブジェクトは、 $o_{set} = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$  と表すことができる (各  $o_i$  は、オブジェクト)。また集合型の複合オブジェクトも、また、複数の素材オブジェクトが組み合わされた編集著作物である。従って、複合オブジェクトのコストは全ての素材オブジェクトに対するコストと編集著作物としてのコストの2種類の合計となる。サービスの割り振りは、組型複合オブジェクトの場合と同様にユーザの興味に応じて各素材オブジェクトのサービスレンジが変更される。集合型複合オブジェクトのサービスレンジを次のように定義する。

定義 4 集合型複合オブジェクト  $o_{set}$  のサービスレンジ

$$\begin{aligned} & serviceRange(o_{set}, c) \\ &= \bigcup \\ & \quad c_1 + c_2 + \dots + c_n = c - cost_{edit}(o_{set}) \\ & \quad (serviceRange(o_1, c_1)) \\ & \quad \quad \times \dots \times (serviceRange(o_n, c_n)) \end{aligned}$$

但し、 $(c_1, c_2, \dots, c_n)$  は、 $c_1 + c_2 + \dots + c_n = c - cost_{edit}(o_{set})$  を満たす任意の整数の組合わせである。

$cost_{edit}(o_{set})$  は、素材オブジェクトを編集するためのコストを表す。

原子オブジェクト:  $o$ , サービスコスト:  $c$

$serviceRange(o_{set}, c)$  は、直感的には各オブジェクトに対してコスト内で使用できるサービスの直積である。また、サービスコスト  $c_1, c_2, \dots, c_n$  は、 $c - cost_{edit}(o_{set})$  内で変動する。

### 3.3 サービスレンジ内でのサービスの変更

ユーザが、複合オブジェクト全体を使用している状態からある一部のオブジェクトに注目して使用したいと考えた時、その部分にサービスを集中することが望ましい。なぜならユーザは、オブジェクトのサービスを購入しているために、そのサービスの価値は使用状況が変化しても常に一定であるべきである。

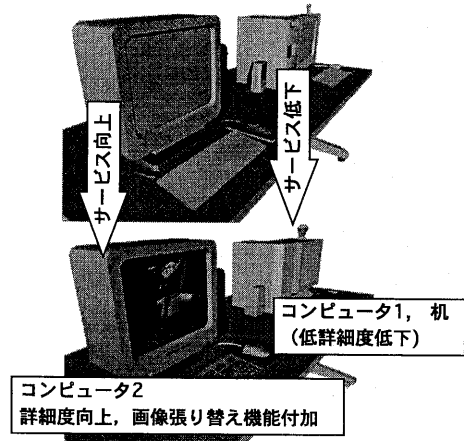


図 3: サービスの変更

図 3 にサービスの変更例を示す。このオブジェクトは、 $o_{tuple} = (\text{コンピュータ 1} : o_1, \text{コンピュータ 2} : o_2, \text{机} : o_3)$  で表される組型の複合オブジェクトである。まず、ユーザが制作者にコスト  $c$  を支払い、以下のようなサービスを選択する。

$$(b_{1l_1}, d_{1l_1}, b_{2l_2}, d_{2l_2}, b_{3l_3}, d_{3l_3}) \in serviceRange(o, c)$$

但し  $l_i$  は各サービスがレベル  $i$  であることを表す。

このサービスは、複合オブジェクトを構成している全ての素材オブジェクトを詳細度レベル 2 で表示させて、並進・回転の振り舞いを使用できるものである。その後、ユーザがコンピュータ 2 に興味を持ち、素材オブジェクト  $o_2$  の詳細度レベルを 3 に変更させたい場合には、複合オブジェクト  $o$  のサービスレンジを一定のまま  $o_1, o_2, o_3$  のサービスレンジをユーザが要求したサービスの組み合わせができるように変更する。

つまり、図 4 で示すようにコンピュータ 2 のサービスレンジを拡大してコンピュータ 1 と机のサービスレンジを減少させるように変更する。図 4 の例で、ユーザが選択したサービスを以下に示す。

$$(b_{1l_1}, d_{1l_1}, b_{2l_3}, d_{2l_3}, b_{3l_1}, d_{3l_1}) \in serviceRange(o, c)$$

但し  $l_i$  は各サービスがレベル  $i$  であることを表す

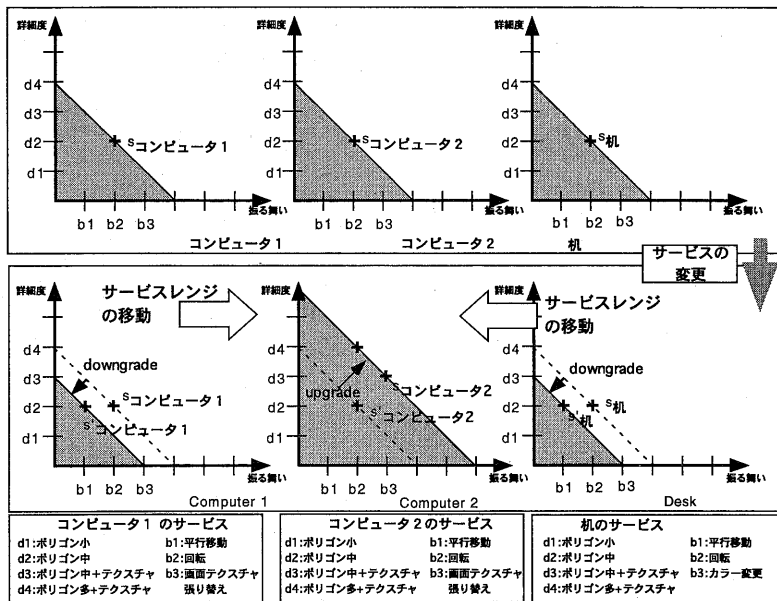


図 4: サービスの動的な変更

この変更によりユーザは購入したサービスの価値を損なうことなく、必要とする素材にそのサービスの価値を集中させることができる。

#### 4 仮想空間の距離に基づく LOS

前節までに、単一オブジェクトとしての 3D オブジェクトと複合オブジェクトとしての 3D オブジェクトの LOS 制御について述べた。

これらの 3D オブジェクトは、素材として使用されて仮想空間が構築される。この場合、仮想空間に支払われたコストは複合オブジェクトの場合と同様に各素材オブジェクトに配分され、サービスレンジが決定される。

しかし、前節までに述べた素材オブジェクトと比較すると、配分すべき素材オブジェクトは大量なものとなり、サービスの組み合わせは膨大となる。そのため、ユーザが必要なサービスの組み合わせを選択することは、困難である。

我々は、仮想空間のコスト付けによって以下の点に注目した仮想空間の LOS 制御を行う。

- コストの配分は、ユーザの視野に入っている 3D オブジェクトを対象とする。

- コストは、視点位置からオブジェクトの距離に基づいて配分し、サービスレンジを決定する。

以下にこの手法について述べる。

#### 4.1 ユーザの視野にあるオブジェクトのサービスレンジの決定

仮想空間内では、数多くの 3D オブジェクトが配置されており、それら全部を一度に使用することは困難である。従って、仮想空間に与えたコストは、ユーザが実際に使用している空間へ動的に適用することが望ましいと考える。

例えば、仮想空間が  $n$  個のオブジェクトで構築されているとする。ユーザは、このような仮想空間内を自由にウォークスルーをすることにより必要なサービスを選択することができる。これは、言い換えればユーザが仮想空間内の任意のオブジェクトを選択して部分仮想空間を構築して使用しているといえる。従って、仮想空間全体に与えたコストは、動的に変化するユーザの視野に入った仮想空間に対して、適用されるべきである。

ここで、 $n$  個のオブジェクト  $o_1, o_2, \dots, o_n$  で構築された仮想空間を  $vs$  とする。この時仮想空間は集合型の複合オブジェクトとして

$$vs = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$$

## 仮想空間を上方から見た図

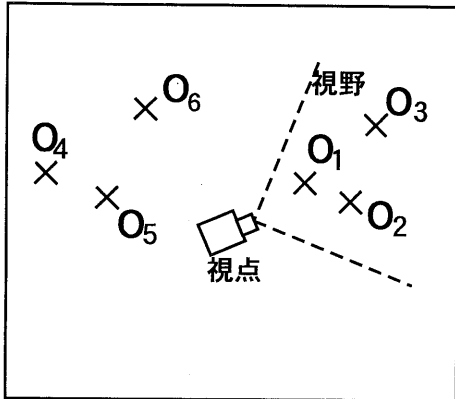


図 5: 仮想空間  $vs$  のオブジェクトの配置図

と表される。ユーザはこの仮想空間をウォークスルーすることで、任意の部分空間  $vs'$  を次のように定義する。

$$vs' \subseteq vs$$

ここで一般性を失うことなく

$$vs' = \{o_i, \dots, o_j\}$$

$$1 \leq i \leq j \leq n$$

とする。この時、仮想空間のサービスレンジは集合型の複合オブジェクトとして扱われる。

本節で提案するサービスレンジの決定方法では、仮想空間  $vs$  中の視野に入っていないオブジェクトのコストを 0 とする。従ってそのサービスレンジは空集合と考える。そこで、仮想空間のコスト  $c_{vs}$  によるサービスレンジは定義 4 より次のようになる。

$$\begin{aligned} & \text{serviceRange}(vs', c_{vs}) \\ &= \bigcup \\ & \quad c_i + \dots + c_j = c_{vs} - \text{cost}_{edit}(vs) \\ & (\text{serviceRange}(o_i, c_i)) \\ & \quad \times \dots \times (\text{serviceRange}(o_j, c_j)) \end{aligned}$$

但し、 $(c_i, \dots, c_j)$  は、

$$c_i + \dots + c_j = c_{vs} - \text{cost}_{edit}(vs)$$

を満たす任意の整数の組合わせである。

$\text{cost}_{edit}(vs)$  は、素材オブジェクトを

編集するためのコストを表す。

### 4.2 距離によるサービスレンジの決定

仮想空間内の大量のオブジェクトのサービスレンジを決定する場合には、視点位置から各オブジェ

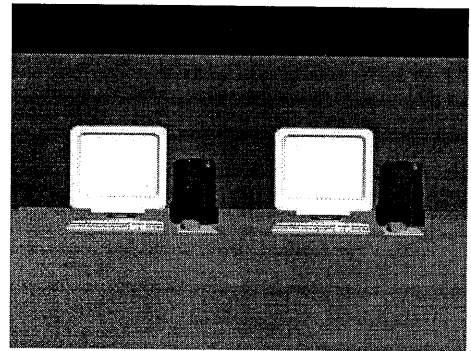


図 6: コスト 1000 円の仮想空間

クトの距離を用いることが望ましい。なぜなら、視点位置から遠く離れたオブジェクトを詳細に眺めることは現実的であるとは考えられない。

また、振る舞いのサービスにおいても、遠く離れた場所からそのオブジェクトの振る舞いを十分に認識できる可能性も低いと考えられる。ユーザが実際に使用する状態を考えてみると、詳細に眺めたい場合や振る舞いを使用する場合には、そのオブジェクトに近寄ることになると考えられる。

従って、ユーザが使用する仮想空間内の各オブジェクトのサービスレンジを決定する場合には、距離の情報を用いた LOS 制御が望ましいと考える。

前節のコスト  $c_{vs}$  の仮想空間  $vs$  に含まれる部分空間は、

$$vs' = \{o_i, \dots, o_j\}$$

$$vs' \subseteq vs$$

$$1 \leq i \leq j \leq n$$

として考える。この時の距離によるサービスレンジは、次のようにして決定する。

1. コスト  $c_{vs}$  を部分空間  $vs'$  のそれぞれのオブジェクト:  $o_k (o_k \in vs')$  に配分するためにサービスレンジ係数:  $\text{serviceRate}(o_k)$  を下式によって決定する。

$$\text{serviceRate}(o_k) = \frac{f(x_k)}{\sum_{s=1}^n f(x_s)}$$

$x_s$ : ユーザの視点とオブジェクト  $o_s$  の間の距離

ただし  $f(x_i)$  は、視点とオブジェクト間の距離の増加と共に値が減少する任意の関数を示す

2. 仮想空間に支払ったコスト  $c_{vs}$  からそれぞれのオブジェクト:  $o_k (o_k \in vs')$  に与えるコス

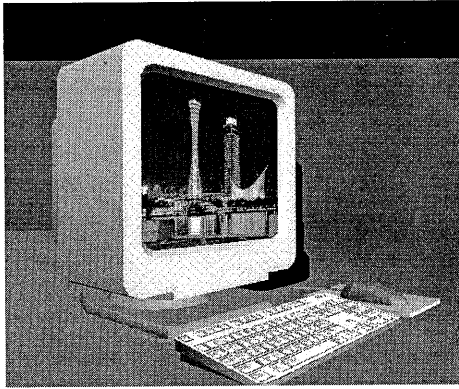


図 7: 仮想空間の距離に基づく LOS

と  $c_{o_k}$  を決定する。

$$c_{o_k} = \text{serviceRate}(o_k) * c_{v_s}$$

- それぞれの素材オブジェクトは、与えられたコストに従ったサービスレンジを定義 2 より設定する。

$$\begin{aligned} \text{serviceRange}(o_k, c_{o_k}) \\ = \{(b_i, d_j) | \text{cost}(b_i) + \text{cost}(d_j) \leq c_{o_k}, \\ b_i \in o_k.\text{behavior}, d_j \in o_k.\text{detail}\} \end{aligned}$$

振る舞い  $b_i$  のコスト:  $\text{cost}(b_i)$   
 詳細度  $d_j$  のコスト:  $\text{cost}(d_j)$

- 各素材オブジェクトは、サービスレンジ中の最大のサービスを提供する (デフォルトでは、詳細度が最大のものを提供する)。

ここで、仮想空間の距離に基づく LOS 制御の例を考察する。コスト 800 円の仮想空間を示す図 6 と空間内のオブジェクトの配置を上方から見た図 5 を用いて述べる。

ユーザはウォークスルーしながら図 5 の視野を得たとする。対象となる部分空間  $vs'$  は、以下のように決定される ( $o_1, o_2, o_3$  は、図 7 のモニター、キーボード・マウス、コンピュータ本体のオブジェクトを表している)。

$$vs' = \{o_1, o_2, o_3\}$$

そして、部分空間  $vs'$  の各オブジェクトに対して、サービスレンジ係数を計算し、それぞれのコストを決定する (表 1 参照)。ただし  $f(x_i) = 10 - x_i(x_i$ :

視点・オブジェクト  $o_i$  間の距離,  $i = 1, 2, 3$ ) とする

表 1: サービスレンジ係数とコスト

	$o_1$	$o_2$	$o_3$
$x_i[m]$	2	4	8
$f(x_i)$	8	6	2
サービスレンジ係数	0.5	0.375	0.125
コスト	400 円	300 円	100 円

最後に、オブジェクト  $o_1 \sim o_3$  のサービスレンジを定義 2 により決定する。図 2 をコスト 400 円のオブジェクト  $o_1$  のサービスレンジを表すものとする  $o_1$  は、詳細度が最大のサービス  $s_1 : (b_1, d_3)$  となる。オブジェクト  $o_2, o_3$  も同様の方法でサービスを決定する。そして、その結果図 7 のようなサービスが提供される。

## 5 実装システム

現在サービスレンジと LOS 制御の有効性を検証するためのシステムを実装中である。これまでに、Java 言語を用いて 3D オブジェクトのカプセル化と 3D デジタルコンテンツのためのサービスを動的に変更する 3DCG 多レベル複合オブジェクトを開発した。またカプセル化された 3D コンテンツは、オブジェクト指向データベース GemStone/J によって永続されている。

以下にこれらの機能について述べる。

### 5.1 多レベル複合オブジェクトの試作

3D コンテンツの制作にしようされる VRML データは、テキスト情報であり、ユーザにより改変が容易である。また、センサ機能による振る舞いについても静的なものであり、動的なサービスの変更が困難である。これらの問題点を解決するために我々は、VRML データを Java のクラスとしてカプセル化し、EAI(External Authoring Interface) を用いて Java 言語から動的にサービスを変更する 3DCG 多レベル複合オブジェクトを開発した。このオブジェクトは、以下の機能を持つ。

- 版權管理機能

ユーザに使用許可権がない場合には、オブジェクトの前面に "Permission Denied" という出力が表示され、不正使用を防止している。図 8 に使用例を示す。

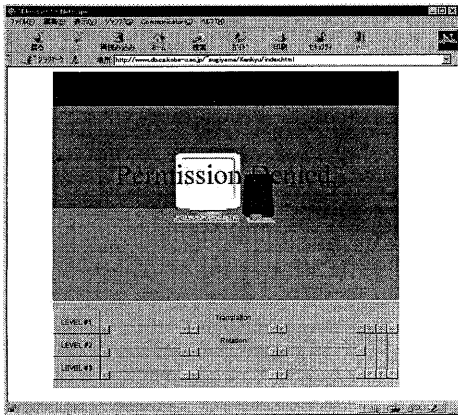


図 8: 使用許可権のない複合オブジェクト

- 動的なサービス変更機能  
 ユーザの購入金額によって使用可能なサービスを変更することが可能となる。

現在、これらの機能にサービスレンジ処理機能、動的な詳細度変更機能の実装を進める。

## 5.2 3DCG 多レベル複合オブジェクトの永続化

開発した 3DCG 多レベル複合オブジェクトは、著作物としての 3D コンテンツが格納されている。従って、作成したオブジェクトは、ユーザが希望する時にオブジェクトを呼び出し、使用できる機能が必要である。またオブジェクトは、不正なアクセスから内包するデータを保護する必要がある。

今回我々は、GemStone/J を用いることでオブジェクトを永続化している。ユーザの使用許可の有無を示す情報やユーザ固有の情報及びユーザが購入したオブジェクトを格納するためのユーザ固有のレポジトリを作成した。各レポジトリは、GemStone/J のユーザセキュリティ機能によって、不正なアクセスを制限している。

## 6 むすび

本論文では、3D デジタルコンテンツのサービスについて述べ、動的なサービスを提供するためにサービスレンジという概念を提案した。また、このサービスレンジを用いたコストに基づく LOS 制御を提案した。さらに、ユーザの視野とオブジェクトの距離に注目した動的な LOS 制御も提案した。現在、これらの機能を実現するための実装シ

ステムを開発中であり、その一部については本論文で紹介した。

今後は、本論文で提案したサービスレンジ、LOS 制御について実装を進め、その有効性を検証する予定である。

## 謝辞

この研究は部分的に文部省科学研究費重点領域研究「高度データベース No.275」(課題番号 08244103) の援助を受けており、また、部分的には、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「マルチメディア・コンテンツの高次処理の研究」によっております。ここに記して謝意を表すものとします。

## 参考文献

- [1] I.J.Cox, J.Kilian, T.Leghton and T.Shamoon: "A Secure Robust Watermark for Multimedia", Proceedings of Information Hiding First International Workshop, pp.185-206, May-June, 1996
- [2] D.Gruhl, A.Lu and W..Bender: "Echo Hiding, Proceedings of Information Hiding", First International Workshop, pp.295-315, May-June, 1996
- [3] R.Ohbuchi, H.Masuda, M.Aono: "Watermarking Three-Dimensional Polygonal Models" ACM Multimedia '97, 1997
- [4] Y.Kidawara, K.Tanaka, K.Uehara: "Encapsulating Multimedia Contents and A Copyright Protection Mechanism in Distributed Objects" LNCS Proceedings of DEXA, pp.293-302, 1997
- [5] J.Hartman, J.Werneck, Silicon Graphics, Inc.: "The VRML 2.0 Handbook (Building Moving Worlds on the Web)": Addison Wesley Developers Press.
- [6] 田島 敬史, 上浦 真樹, 田中 克己: 「空間データベースのためのアクセス制御機構」, Proceedings of Advanced Database Symposium '96, pp.179-186, 1996