

3 次元 CG コンテンツとその属性情報の自律的呈示方式

灘 本 明 代[†] 矢 部 武 志^{††,☆}
四 方 正 輝^{††} 田 中 克 己^{†††}

近年, Web 上で 3 次元 CG を実現する Web3D 技術の発展により, 一般のユーザも, Web 上の 3 次元 CG を閲覧・操作をすることが可能になっている. これらは, ユーザに 3 次元 CG を能動的に操作することを要求するため, ユーザは実際に付加されている情報を発見することが困難であったり, 3 次元 CG がどのような振舞いをするのか予測がつかない等, 3 次元 CG 作成者の意図する情報を取得できているとは限らない. 今後携帯電話での 3 次元 CG の利用も期待され, インタクションの制限がある携帯環境においてはこのような能動的な操作を行うことは困難であると考えられる. 一方, 我々はこれまで, Web コンテンツの受動的視聴機構として, Web 上のコンテンツを, 音声と画像を用いて「見る」「聞く」といった受動的な操作により取得する方式を提案してきた. この「見る」「聞く」といった受動的視聴は Web 上の 3 次元 CG を呈示するのにもふさわしいと考え, 本論文では, Web 上の 3 次元 CG をその属性情報に基づきアニメーションを自動生成し, 音声読み上げによって情報呈示を行う自律的呈示方式を提案する. 具体的には, (1) 3 次元 CG の属性情報に基づいた自律的呈示方式, (2) 複数 3 次元 CG の差異情報に基づいた自律的呈示方式を提案する.

Autonomous Presentation of 3 Dimensional CG Contents and Their Attribute Information

AKIYO NADAMOTO,[†] TAKESHI YABE,^{††,☆} MASAKI SHIKATA^{††}
and KATSUMI TANAKA^{†††}

Recently, ordinary users can browse and manipulate 3D CG data on the Web according to the development of Web3D technique. These operations require users to behave actively in operations of 3D CG models. Therefore it is difficult for users to view the attribute information about on the 3D CG models and to predict attached behavior of the 3D CG models. The users don't necessarily acquire the whole attribute information that the 3D CG creator's intends to present. In the future, it is expected to use the 3D CG data on the mobile equipment. It is difficult to use such active operations on the mobile equipment, because of its limited interactions. To cope with the problem, we have been developing the passive viewing of the Web contents. The concept is to change the Web contents for passive viewing, which is based on listening and watching. In this paper, we introduce a passive viewing system for 3D CG models and their attribute data. The proposed system automatically generates CG animation together with synthesized speech from 3D CG contents and their attribute data. Furthermore, we introduce a passive viewing method for multiple objects, which also enables users to view the difference of attribute information in a passive manner.

1. はじめに

近年, Web 上で 3 次元 CG を実現する Web3D¹⁾ 技術の発展により, データ量が少なく高品質な 3 次元 CG が Web 上で扱えるようになってきている. Web3D とはインターネット用 CG の総称であり Web3D Consortium により普及・促進されている技術である. これにより, 一般のユーザも, Web 上の 3 次元 CG を閲覧・操作等をすることが可能になった. これら Web 上の 3 次元 CG は, ユーザが能動的に操作することを要求している. そのため, ユーザは実際に 3 次元 CG

[†] 神戸大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻
Division of Information and Media Sciences, Graduate
School and Technology, Kobe University

^{††} 神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻
Division of Computer and System Engineering, Graduate
School and Technology, Kobe University

^{†††} 京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻
Department of Social Informatics, Graduate School of
Informatics, Kyoto University

[☆] 現在, 日本オラクル株式会社

Presently with Oracle Corporation Japan

に付加されている情報を発見することが困難であったり、3次元CGがどのような振舞いをするのか予測がつかなかったりする等、3次元CG作成者の意図する情報を取得できているとは限らない。今後携帯電話での3次元CGの利用も期待され、インタラクションの制限がある携帯環境においてはこのような能動的な操作を行うことは困難であると考えられる。

3次元CGとその属性情報を表示する方法には、3次元CG作成者がアニメーションを作成し、ユーザはそのアニメーションを見るという、ユーザにとって受動的な閲覧方法もある。現在の受動的な閲覧方法は、3次元CG作成者がアニメーションを作成しユーザに表示するため、3次元CG作成者の意図は反映される。また、ユーザはアニメーションを見るだけであるので、容易にCGの情報を取得することが可能である。しかしながら、3次元CG作成者は3次元CGモデルを作成するだけでなく、アニメーションも作成しなければならないので大きな負担となる。

そこで、Web上の3次元CGモデルの自動アニメーションを生成し、ユーザにとって受動的な閲覧を可能とする3次元CGの受動的視聴方式が必要であると考えた。

一方、我々はこれまで、Webコンテンツの受動的視聴機構として、Web上のコンテンツを、音声と画像を用いて「見る」「聞く」といったテレビ番組を見るように受動的に取得する方式を提案してきた^{2)~5)}。この「見る」「聞く」といったユーザにとっての受動的視聴方式は下記の特徴がある。

- ユーザのインタラクションをほとんど必要としない。
- Webコンテンツをキャラクタアニメーションや音声読み上げを用いて自動的にユーザに提供する。
- Webコンテンツを自動で受動的視聴機構に変換することが可能である。

上記より、受動的視聴方式を用いることは、ユーザはインタラクションをほとんど行わず、容易に楽しく、片手間にWebコンテンツを取得することが可能となる。よって、この受動的視聴方式は、Web上の3次元CGとその属性情報を表示するのにふさわしい手法であると考えた。そこで、我々は3次元CGの受動的視聴機構^{6),7)}を提案してきた。

本論文では、Web上の3次元CGをその属性情報に基づきアニメーションを自動生成し、音声読み上げによって情報表示を行う「3次元CGコンテンツとその属性情報の自律的表示方式」を提案する。本研究は、

- Web上の3次元CGとその属性情報の自律的表示

- 3次元CGとその属性情報の携帯端末への表示のための基盤技術の確立

を目的としている。

具体的には下記2つの自律的表示方式を提案する。

● 単体の3次元CGの属性情報に基づいた自律的表示方式

単体の3次元CGの属性情報に基づきアニメーションを自動生成し、表示する方式である。回転駆動型自律的表示方式と文書駆動型自律的表示方式を提案する。

● 複数3次元CGの差異情報に基づいた自律的表示方式

複数の3次元CGの差異情報を求め、その差異情報に基づいた自動アニメーションを生成し、表示する方法である。

一般に3次元CGのアニメーションは、回転や移動を行い従来確認することが困難な視点で物体を眺めたり、物体表面を半透明化して内部部品を表示したりする等が行われている。本研究では、3次元CGの自動アニメーションを生成する第1段階として、回転によるアニメーションを用いる。

また、本研究はこれまで提案してきた3次元CGの受動的視聴機構におけるXMLタグの大幅な改良にともなう各機能の改善、および属性情報のWeb表示の新規機能を付加している。

以下、2章では関連研究を、3章では単体の3次元CGの属性情報に基づいた自律的表示方式を、4章では複数3次元CGの差異情報に基づいた自律的表示方式を、5章ではプロトタイプシステムとその評価実験について述べ、6章でまとめを述べる。

2. 関連研究

現在、The Virtual Smithsonian⁸⁾やルーブル美術館⁹⁾、UCLA Cultural VR Lab¹⁰⁾に代表されるようにデジタルミュージアムはWeb上に多く存在する。これらは、一般にユーザのインタラクションによるウォークスルーであるか、または、あらかじめ作成された3次元CGのアニメーション映像であるため、3次元CGの自律的表示による本研究とは異なる。

デジタルシティ京都¹¹⁾では、3次元の仮想空間をMS Agentのキャラクタの案内により、見学する機能がある。このキャラクタはユーザのインタラクションに従い、アニメーションを進行してゆく。音声と3次元CGを用いてアニメーション表示するアプローチは本研究と似ている。しかし、本研究は、アニメーションを自動生成し、ユーザのインタラクションをほとん

ど必要としない点異なる。また、デジタルシティは地理情報を基にした都市空間を対象としているが、本研究はあくまで3次元CGで作成されたモデル単体の呈示を対象としている点が基本的に異なる。

Koisoらの研究^{12)~14)}では、3次元仮想空間に配置されたオブジェクトの属性情報をユーザの視点に応じて、詳細度を変化させながら呈示するInfoLODを提案している。InfoLODは、3次元CGモデルと視点間の距離、方向、ならびに視野内に写っている3次元CGモデルの差異に基づいて呈示情報量を制御するシステムである。詳細度を変化させながら呈示するアプローチは、本研究と似ているが、これらのシステムはユーザがウォークスルーする情報探索であり、自律的呈示方法ではない。3次元CGとその属性情報の自律的呈示を目的としている本研究とは基本的に異なるものである。

Multimedia Multi-User Dungeon (MMMUD)^{15),16)}では、デジタルアーカイブ化された博物館の収蔵資料を、三次元仮想環境中に作られた仮想博物館に展示するためのシステムである。各ユーザは、アバタを操作して仮想博物館の中をウォークスルーすることにより、三次元CGの展示物に関するデータを閲覧することができる。このシステムは、ユーザがインタラクションを行うことにより、3次元CGの属性情報を呈示するアプローチであるため、自律的呈示を目的としている本研究とは異なる。

Kanadeらの研究^{17)~19)}では、多地点カメラの複数台のビデオ画像から3次元モデルを自動生成し3次元CGアニメーションを作成するVirtualized Realityを提唱している。Virtualized Realityで作成された3次元CGモデルのアニメーションはビデオ画像から生成されるため、3次元CGモデルの属性データから自動アニメーションを生成する本研究とは基本的にアプローチが異なる。

3. 単体の3次元CGの属性情報に基づいた自律的呈示方式

3次元CG作成者が3次元CGモデルを作成した後、3次元CGモデルとその属性情報を自律的に呈示するには下記の2つのアプローチがある(図1参照)。

● 回転駆動型自律的呈示方法

図1の左側に示すように、3次元CG作成者が3次元CGを作成するとともに、3次元CGモデルの面に直接属性情報を付加する。そこで、システムはその3次元CGモデルを一定方向に回転するアニメーションを自動生成し、その回転に従い

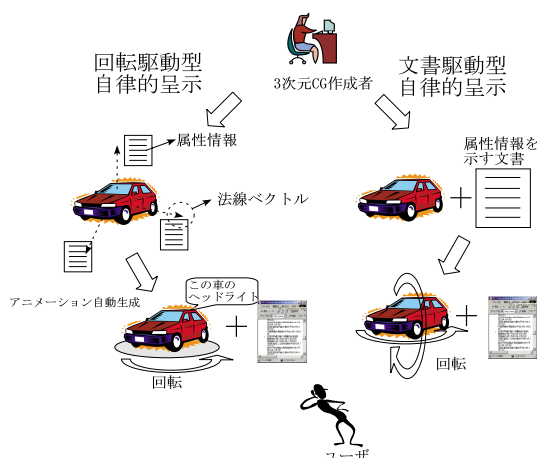


図1 アニメーション生成のアプローチ

Fig. 1 Rotation-driven and document-driven 3DCG animation generations.

3次元CGモデルに付加された属性情報の音声読み上げによりユーザに呈示する方法である。ここでは、属性情報が記述された面の法線ベクトルとユーザの視点の関係により、属性情報呈示の制御を行う。図1左側の場合、車のヘッドライトを示すオブジェクトに付加された「この車のヘッドライト」という属性情報の音声読み上げを行う。また、音声読み上げる属性情報はWeb上で閲覧することが可能である。

● 文書駆動型自律的呈示方法

図1の右側に示すように、3次元CG作成者が3次元CGを作成するとは別に、その3次元CGモデルの属性情報を示す文書を作成する。その作成した属性情報を示す文書には3次元モデルの部分を付加しておく。システムは、その属性情報を示す文書の流れに従い3次元CGモデルを回転するとともに、音声読み上げにより属性情報をユーザに呈示する方法である。また、この属性情報の文書は回転駆動型自律的呈示方法と同様にWeb上で閲覧することが可能である。

本章では、この2つのアプローチにより、自動アニメーションを生成するとともに、その属性情報を音声読み上げる自律的呈示方法を提案する。

3.1 回転駆動型自律的呈示方法

本節では、各面に属性情報を付加した3次元CGモデルを用いる。この3次元CGモデルを用いて一定方向に回転するアニメーションを自動生成し、付加された属性情報は3次元CGモデルの動作に応じて音声によって呈示する。また、3次元CG作成者の指定により、この付加された属性情報の音声読み上げを行うと

表 1 属性情報の XML タグ
Table 1 XML tags of attribute data.

要素	属性	仕様
Allview		3 次元 CG モデルのすべての属性記述は<Allview></Allview>で囲まれた範囲の中に記述しなければならない。
	file	3 次元 CG モデルの記述ファイルを示す。3 次元 CG モデルと同じファイル内にその属性情報がある場合、省略することができる。
	Id	対象となる 3 次元 CG モデルの名前を示す。
	view	アニメーション表示時音声読み上げをするか Web 上で表示するかフラグである。0 のとき、音声読み上げと Web 上の文章の両方の表示を行う。1 のとき、音声読み上げと Web 上の表の両方の表示を行う。2 のとき、音声読み上げのみを行う。デフォルトは 0 である。
Attribute		各面につける各々の属性情報を示す。<Attribute></Attribute>で囲まれた範囲がその面の属性情報となる。
	Id	属性情報に対する 3 次元 CG モデルの面の名前である。この Id をもとに、3 次元 CG モデルの面との対応付けを行う。また、アニメーション表示時、この Id の文字列を画面上に表示する。また、Web 上に表表示時、1 列目の項目となる
line		アニメーション表示時音声読み上げを行う台詞である。Web 表示時は Web 上に表示する文章または表となる。
	value	台詞の識別詞の名前である。Web 上に表表示時、2 列目の項目となる。
	voice	アニメーション表示時音声読み上げを行うか行わないかのフラグである。0 のときは音声読み上げを行う。1 のときは音声読み上げを行わない。デフォルトは 0 である。
	view	Web 表示を行う文章が行わない文章かのフラグである。0 のときは Web 表示を行う文章の指定。1 のときは Web 表示を行わない文章の指定。デフォルトは 0 である。<Allview>タグの view 属性が 0 と 1 のとき有効である。
vtable		このタグで囲まれた文字列が、Web 上に表表示時 3 列目に表示される。このタグは<line>タグの中のある文字列のみ表中に示したいとき使用される。<line>タグの中に<vtable>タグがないときは、その line すべての文章が表中に示される。<Allview>タグの view 属性が 0 と 1 のとき有効である。

同時に Web 上で表や文章によって表示する。

3 次元 CG モデルに対する属性情報の記述は面（ポリゴン）単位で行う。面単位で記述した属性情報を実際に 3 次元 CG モデルに対応させる方法として、直接面に付加させる方法と、複雑な形状を単純化するために、周囲に単純な面を持つ形状を仮定するバウンディングオブジェクトに対応させる方法がある。

本論文では、3 次元 CG モデルと属性情報を新たに作成した XML のタグの属性情報につけた名前で対応させるため、面に直接属性情報を付加させる方式を用いる。

3 次元 CG モデルのすべての面を表示するには 3 次元 CG モデルの回転による表示が望ましい。3 次元 CG モデルを回転させることにより、ユーザはあらゆる角度からそれらを見ることができる。よって、3 次元 CG 作成者は属性情報を記述した 3 次元 CG モデルを作成し、システムにより自動生成された 3 次元 CG モデルの回転動作に応じて属性情報を文字と音声によって自律的表示を行う。これにより、ユーザはアニメーションを視聴するだけとなり容易に 3 次元 CG モデルとその属性情報を取得することができる。

3.1.1 3 次元 CG モデルの回転方向

3 次元 CG モデルの回転には、あらゆる回転軸が考えられる。しかし、任意の方向に 3 次元 CG モデルが回転するとユーザは困惑し、空間的な 3 次元 CG モデルの把握が困難になる。回転軸や回転方向は極力一定の方が望ましいと考える。

そこで、3 次元 CG モデルの下に円卓となるものを想定し、それが一定方向に回転することにより 3 次元 CG モデルを回転させることを考える。しかしながら、それだけでは、円卓に垂直な方向に対する面は視点から見ることができないため、視点を自動的に上下に切り替えることにより 3 次元 CG モデルのあらゆる面を表示する。

3.1.2 属性情報の記述方法

属性情報を Web 上でも表示すること、および属性情報に階層を持たせることを考え、本研究では、この属性情報を XML (eXtensible Markup Language) で記述することを行う。属性情報を記述するタグとして、3 次元 CG モデルを指定するタグ、その 3 次元 CG モデルのどの面に属性情報を付加するかを指定するタグ、実際に属性情報を記述するタグ等の、新たなタグを用意した。新たに作成したタグを表 1 に示す。

図 2 に DTD とこの XML の記述した属性情報の例を示す。図 2 の属性情報の例では、3dmodel.dat ファイルにある notePC という 3 次元 CG モデルの属性情報を記述している。〈Allview〉タグの view 属性が 1 であるため、この属性情報はアニメーション時に音声と Web 上の表で表示する。ここでは、Display, CD-ROM, PCCARD の 3 つの面に対して各々属性情報が付加されている。

3.1.3 方向に基づく詳細度制御

3 次元 CG モデルの回転動作において視点から見える面は回転時間とともに変化し、見える度合いも随時

```

<!ELEMENT Allview (Attribute+)>
<[ATTLIST Allview file CDATA #IMPLIED Id CDATA #REQUIRED view (0|1|2) "0"]>
<[ELEMENT Attribute (line|vtable)+>
<[ATTLIST Attribute Id CDATA #REQUIRED>
<[ELEMENT line (#PCDATA)>
<[ATTLIST line value CDATA #REQUIRED voice (0|1) "0" view (0|1) "0"]>
<[ELEMENT vtable (#PCDATA)>

```

DTD

```

<Allview file="3dmodel.dat" Id="notePC" view="1">
  <Attribute Id="Display">
    <line value="サイズ"><table>14.1型XGA</table>表示に対応し見やすい画面を実現している。
  </line>
    <line value="特徴">TFTカラー液晶を搭載。
    <[line value="TFT" voice="1">tanakaが独自の低反射レドTFTを採用。
    </line>
  </line>
  </Attribute>
  <Attribute Id="CD-ROM">
    <line value="速度"><table>24倍速</table>を使用している。
    </line>
    <line value="DVD">CD-ROMと一体型を搭載。
    </line>
  </Attribute>
  <Attribute Id="PCCARD">
    <line value="タイプ">Type IIを搭載。
    </line>
  </Attribute>
</Allview>

```

属性記述例

図2 DTDと属性情報記述例

Fig. 2 Example of attribute data.

変わる。このような視覚的な情報の変化とともに呈示する属性情報の詳細度を制御する機能について述べる。視点と属性情報が付加された面に対する法線ベクトルの関係に基づき属性情報の詳細度制御を行う。

3次元CGモデルに付加された属性情報 A_i の集合 *Attribute* は以下のように表される。

$$Attribute = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$$

n は属性情報の数を表す。回転している3次元CGモデルから、時刻 t において得られる情報を *wight*(t) とすると、以下のように定義することができる。

$$wight(t) = (w_1(t), w_2(t), \dots, w_i(t), \dots, w_n(t))$$

$w_i(t)$ は時刻 t における属性情報 A_i への重みである。 $w_i(t)$ は視点からその面がどれくらい見えているかで値が決定される。具体的には、3次元CGモデルの中心を始点として視点を終点としたベクトル u と時刻 t における面の法線ベクトル $v_i(t)$ のなす角度を $\alpha_i(t)$ とすると、 $w_i(t)$ は以下のように表される。

$$\cos \alpha_i(t) = \frac{u \cdot v_i(t)}{|u||v_i(t)|}$$

$$w_i(t) = \begin{cases} \cos \alpha_i(t) & (\cos \alpha_i(t) \geq 0) \\ 0 & (\cos \alpha_i(t) < 0) \end{cases}$$

$w_i(t) = 1$ の場合、視点に向かって正面に属性情報 A_i の面が見えるということになる。

このとき、 $w_i(t)$ がある閾値以下なら文字情報として呈示を行い、ある閾値以上なら文字情報に加えて音声によって呈示を行う。呈示する文字情報は *<Attribute>* タグの *Id* にて指定された3次元CGモデルの面の名



図3 方向に基づく表示詳細度制御

Fig. 3 LOD control based on direction.

前であり、音声情報は *<line>* タグにより指定された文章を音声読み上げを行う。

この条件を以下に示す。

$$w_i(t) < \cos \delta \quad (\text{文字情報のみの呈示}) \quad (1)$$

$$w_i(t) \geq \cos \delta \quad (\text{文字情報と音声情報の呈示}) \quad (2)$$

(1) の場合、 $w_i(t)$ を係数として文字情報のフォントサイズを変更し、方向に基づいた詳細度制御を行う。(2) の場合、音声呈示される属性情報の順序は (2) を満たす属性情報から順次行われることになるので、3次元CGモデルの回転方向に対する法線ベクトルの分布により決定される。

図3は図2を実装した画面である。ここでは、「CD-ROM」の属性値の重みが最も大きく閾値 δ を超え、属性情報を音声読み上げしているところを示している。

3.1.4 詳細度に基づく距離制御

3次元CGモデル作成者の意図として、詳しい情報は3次元CGモデルを拡大して見せたい、またはユーザの立場においても詳細な情報は3次元CGモデルを拡大して見たいという要求があると考えられる。3次元CGにおいて、そのモデルの拡大・縮小は視点からの距離の制御で行われる。そこで、属性情報の詳細度に応じて視点と3次元CGモデル間の距離を変化させる呈示方式について述べる。

本研究では属性情報をXMLで記述しているため、属性情報は階層構造を持たせることができる。この階層構造による木構造の深さによって詳細度を表す。実際には、属性情報を示す *<line>* タグを入れ子構造にすることにより、詳細度を表せるようにする。図4に図2で記述した *Display* の属性情報の階層を示す。

音声読み上げでの呈示の順序は前順走査で行う。図4では「Display」の面において、「サイズ」、「特徴」、「TFT」の順で読み上げられる。その際に詳細度が変化するので、それに応じて3次元CGモデルと視点間の距離制御を行う。詳細度が高ければ3次元CGモデ

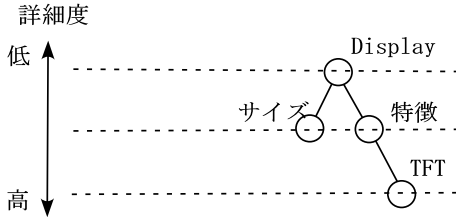


図4 属性情報の階層
Fig. 4 Class of attribute data.

ルに近づき、詳細度が低くなれば3次元CGモデルから遠のく。よって、詳細度が高いときは3次元CGモデルが拡大される。

このように、詳細度に応じて距離を変化させることにより、ユーザーに詳細度を意識させた情報呈示が行える。

3.1.5 音声読み上げによる回転速度の制御

3次元CGモデルの回転に応じて、「方向に基づく詳細度制御」で述べた条件(2)を満たす属性情報を音声を用いて呈示する。同時に、音声で呈示される間は条件(2)を満たしていなければならないという制約がある。しかし、音声読み上げの長さは属性情報の量によって異なるので一定速度の回転では途中で音声がか切れてしまう場合がある。そこで、音声で呈示する属性情報の文字数を基に、それぞれの属性情報に対して回転速度の制御を行うことを考える。

属性情報 A_i ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$) が先の条件(2)を満たす3次元CGモデルの回転角の区間 $Voice_i = [\theta_i^s, \theta_i^e]$ とし、音声読み上げの文字数を L_i とすると、その区間内の3次元CGモデルの回転速度 $Speed$ は以下のように表される。 λ は文字数を時間に換算する係数である。

$$Speed(Voice_i) = \frac{\theta_i^e - \theta_i^s}{\lambda L_i}$$

このように属性情報を音声にて呈示する場合は音声の長さによって回転速度を変化させる制御を行う。

3.1.6 音声重複による制御

複数の属性情報が存在する場合、音声読み上げにおける回転角の区間に重なりが生じ、音声がか重複する可能性がある。特に、面が異なっても法線ベクトルの方向が近接する場合は音声の重複が起こりやすいといえる。音声に重なりが生じると聞き取りが非常に困難になり、重要な情報を聞き逃す危険性がある。そこで、音声がか重複する音声呈示区間を再構成することにより、音声の重複を避ける。

属性情報 A_i が先の条件(2)を満たす3次元CGモデルの回転角の区間を $Voice_i = [\theta_i^s, \theta_i^m, \theta_i^e]$ とする。

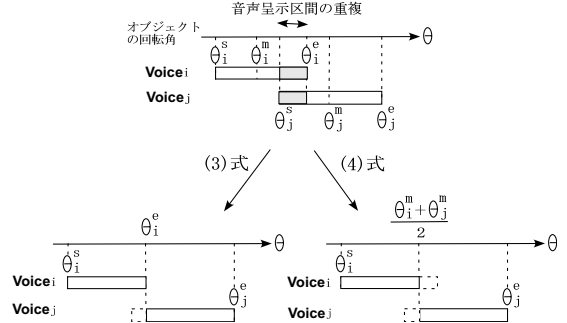


図5 音声重複による呈示区間の再構成
Fig. 5 Restructuring of display section based on redundancy voice.

θ_i^m は区間 $Voice_i$ の中点である。音声重複が起こる条件を以下に示す。

$$Voice_i \cap Voice_j \neq \emptyset \quad (i, j \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (3)$$

また、 θ_i^m は3次元CGモデルの回転において最も視点方向に属性情報 A_i の法線ベクトルが向けられる回転角であるので、 θ_i^m を基に音声呈示区間の決定を行う。(2)の条件が成り立つとき $\theta_i^m < \theta_j^m$ とすると以下の式により $Voice_i$, $Voice_j$ の区間を決定する。

$$\text{if } \frac{\theta_i^m + \theta_j^m}{2} \geq \theta_i^e \text{ then} \quad (4)$$

$$Voice_i = [\theta_i^s, \theta_i^e]$$

$$Voice_j = [\theta_i^e, \theta_j^e]$$

$$\text{if } \frac{\theta_i^m + \theta_j^m}{2} < \theta_i^e \text{ then} \quad (5)$$

$$Voice_i = [\theta_i^s, \frac{\theta_i^m + \theta_j^m}{2}]$$

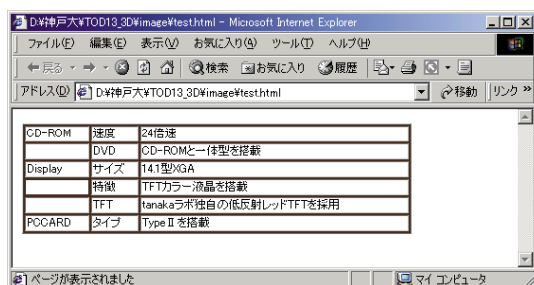
$$Voice_j = [\frac{\theta_i^m + \theta_j^m}{2}, \theta_j^e]$$

式(4), (5)を図5に示す。

3.1.7 Web上の表や文章での属性情報呈示

これまでは、自動アニメーションを生成し、そのアニメーションに従った3次元CGモデルの属性情報の呈示方法について述べた。実際に音声を用いたアニメーション呈示をする際、その属性情報のポイントを表や文章を用いて、Web上に呈示したい場合がある。また、ユーザーにとっても、アニメーション呈示時に同時にそのアニメーションのポイントを文章や表で呈示した方が効果的であると考えられる。そこで、アニメーション呈示時にWeb上に呈示する表や文章について述べる。

一般に製品をWeb上で紹介する場合、その性能を表す属性情報を表を用いて呈示した方が効果的であると考えられる。実際に、Web上ではこのように性能表を用いた製品呈示が多い。そこで、属性情報をWeb上



CD-ROM	速度	24倍速
	DVD	CD-ROMと一体型を搭載
Display	サイズ	14.1型XGA
	特徴	TFTカラー液晶を搭載
	TFT	tanakaラボ独自の低反射レッドTFTを採用
PCCARD	タイプ	Type IIを搭載

図6 属性情報のWeb呈示例

Fig. 6 Example of attribute data on the Web.

に表や文章で呈示する方法を用意した。

3次元CGモデルの各面に対する属性情報は各々の面に対してXMLで記述されている。3次元CG作成者がその属性情報を記述する際、表1に示したXMLのタグによりWeb上に呈示する情報を指定する。具体的には〈Allview〉タグのview属性により、Web上に文章または表を呈示することを指定する。そして、〈line〉タグのview属性により、Web上に呈示する文章を指定する。また、Web上に面の属性情報を呈示する際の順序は、アニメーション呈示された面の順序を用いる。すなわち、先に示した図2の場合、アニメーション呈示が

CD-ROM → Display → PCCARD

の順番で表されたとなると、これらは図6のようにWeb上に呈示される。図2では、CD-ROMの面におけるvalue属性が速度のとき、「24倍速」という単語が〈table〉タグで囲まれている。このとき、表に表示される文字はこの「24倍速」のみである。Displayの面におけるvalue属性がサイズの場合も同様である。

3.2 文書駆動型自律的呈示方法

2.1節で述べた回転駆動型自律的呈示方法は、3次元CGモデルの各面に属性情報を与えるため、3次元CG作成者にとっては作成しやすい。しかし、音声で呈示される属性情報の順序や内容は回転方向に対する法線ベクトルの分布によって決定されるため、話題につながりがなく利用者にとって理解しやすいとはいえない。そこで、3次元CGモデルの属性情報を示す文書の流れに従ったアニメーションを自動生成し、属性情報を呈示する文書駆動型自律的呈示方法を提案する。

文書駆動型自律的呈示方法の特徴は、

- 属性情報を含めた3次元CGモデルに関する一連の説明が記述された文書を作成し、その文書の音声読み上げを行う。
- 文章の流れに従い3次元CGモデルのアニメーションを自動生成する。

文書

```

<Obj Id="noteA">
  tanakaラボはオールインワンタイプで、コンパクトデザイン・
  軽量ボディを実現させたtanaka ノートを新発売しました。
  <model Id="Display">ディスプレイはTFTカラー液晶を搭載。
  tanakaラボ独自の低反射レッドTFTは高精細で見やすい画面を
  実現しています。
  </model>
  <model Id="CD-ROM">また、最大20倍速CD-ROMドライブを搭載し
  高速処理、大容量データ処理に威力を発揮します。
  </model>
</Obj>

```

図7 文書とキーワードの記述例

Fig. 7 Example of document and keywords.

である。これにより、ストーリー性のある情報呈示が可能となる。

ここでいう文書は3次元CGモデルが組み込まれたXML記述のWeb文書を対象にしている。以下このWeb文書を単に文書と呼ぶ。

3.2.1 文章に対する3次元CGモデルの付加

記述された文書から3次元CGモデルのアニメーションを自動生成するとき、文書中のある単語と3次元CGモデルの面を結び付けたのでは、その単語が文書中に点在する可能性があるため、滑らかなアニメーションを生成することができない。文書中の文章または文と3次元CGモデルの面を関連付け、アニメーションを自動生成するのが望ましいと考えた。そこで、XMLの新たなタグを作成し、文章に3次元CGモデルの面を付加することを行う。

XMLの新たに作成したタグは〈Obj〉タグと〈model〉タグの2つである。〈Obj〉タグはId属性を持ち、3次元CGモデル名を指定する。〈model〉タグはId属性を持ち、3次元CGモデルの面の名前を指定し、〈model〉タグで囲まれた文章と3次元CGモデルの面と対応付ける。これらのタグをXMLで書かれた文書中に挿入することにより、文書内のどの部分からでも自由にアニメーションを生成できるようになる。XML記述例を図7に示す。

図7の文書では「noteA」という3次元CGモデルを〈Obj〉タグにより指定している。この〈Obj〉タグにより囲まれた文章全体が3次元CGモデルのアニメーションを行う領域である。そして、〈model〉タグにより、Displayという面とCD-ROMという面を各々指定し、これらの文章に各面を対応付けている。

3.2.2 アニメーション生成

文章と3次元CGモデルの面を関連付けた後、その文章の流れに従いアニメーションを自動生成する。つまり、文書内の〈model〉タグの出現順序に基づき、アニメーションを生成する。このとき、文章に対する

3次元CGモデルの付加方式（以下、本方式と呼ぶ）では、記述された文書の流れに従いアニメーションを生成することを目的としているため、アニメーションの回転方向は記述された文書に依存され、任意の回転となる。任意の回転によるアニメーションのみの表示ではユーザにとって分かりにくいアニメーションとなる可能性がある。しかしながら、本方式では、3次元CGのアニメーション表示だけではなく、文章の流れにストーリー性のある属性情報を音声によって表示するため、実際にはユーザにとって分かりやすいアニメーションになると考え、任意の回転とする。

さらに、ユーザにとってより分かりやすいアニメーション表示を行うために、下記の機能を付加する。

- アニメーション動作制御
- 表示面の名前のフォント制御

アニメーション動作制御

回転しながら〈model〉タグで囲まれた文章を読み上げたのでは、ユーザにとって見やすいアニメーションとはいえない。そこで、本方式では、表示する3次元CGモデルの面の法線ベクトルが視点方向と一致するまで回転し、一致した時点で3次元CGモデルを静止し、音声読み上げを行う。そして、音声読み上げが終了後、次の〈model〉タグで指定された面まで回転移動をするアニメーションを生成する。

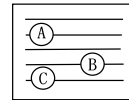
表示面の名前のフォント制御

ある程度3次元CGモデルの回転順序をユーザに提示した方が、ユーザにとって3次元CGモデルの次の動作が予測できるため望ましいと考えた。そこで、表示する面の名前のフォントサイズを変更することで、ユーザに視覚的にアニメーションの順番を表示する。具体的には、現在音声読み上げを行っている面の文字情報を最も大きいフォントとし、次に表示する面の文字情報から順にフォントサイズを小さくする。また、表示し終わった面の文字情報は表示しない。ここで、アニメーション全体における現在表示している面の表示順番を i とし、表示順番が p 番目の文字情報のフォントサイズの係数 $w_i(p)$ は以下のように表される。

$$w_i(p) = \begin{cases} \frac{1}{i-p+1} & (i \geq p) \\ 0 & (i < p) \end{cases}$$

$i = p$ のときは i 番目に表示する文章 s_i を音声で表示することになるので、 $w_i(p) = 1$ となり最大値をとる。文書に基づく表示詳細度制御を実装した画面を図8に示す。図8では文字情報のフォントサイズが $A > B > C$ となっているため、このアニメーションは $A \rightarrow B \rightarrow C$ の順で表示されることが分かる。

文書



フォントサイズ

$A > B > C$

Aは。。。.



Aを音声で表示の場合

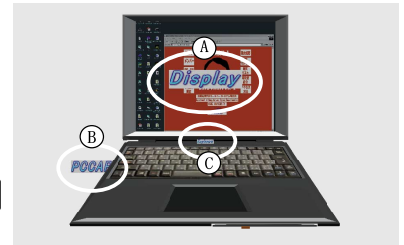


図8 文書駆動型自律的表示方法の詳細度制御

Fig.8 LOD based on document.

4. 複数3次元CGの差異情報に基づいた自律的表示方式

3章では、単体3次元CGモデルの表示方式について述べてきた。本章では、2つの3次元CGモデルを比較しその属性情報の差異を表示することを目的とする。ここでは、3次元CGモデルの各面に対して属性情報を付加した場合を考える。

オブジェクト間の差異情報として、以下の2点が考えられる。

- 属性情報の値による差異
- 属性情報の有無による差異

4.1 属性情報の値による差異表示

差異情報については2つの3次元CGモデルの属性情報を照合することで行う。具体的には属性情報で指定している面の名前、つまりは〈Attribute〉タグのId値が同じ属性情報を持つ3次元CGモデル間で照合を行う。そして、属性情報のId値が同じ場合、その〈Attribute〉タグに囲まれた〈line〉タグのvalue値の比較を行う。〈line〉タグのvalueの値が異なるとき、その要素を相違情報とする。これを図9に示す。図9では、ルート節点を〈Object〉また、ルート以下の各節点は〈line〉タグのvalueで示された値である。また、以下のことを考慮して相違情報の表示を行う。

- 詳細度が高い要素での相違はその要素だけを提示しても理解できない場合があるので、親要素が存在する場合はその情報についても提示を行う（図9の(1)参照）。
- 相違要素以下の子要素に関しては親要素が異なれば子要素も異なると考え、相違要素以下の子要素については提示を行わない（図9の(2)参照）。

また、差異情報の表示の場合、これまでのように面の名前、つまりは〈Attribute〉タグのId値を文字情報としたのでは何が異なるのか分からない。そこで、こ

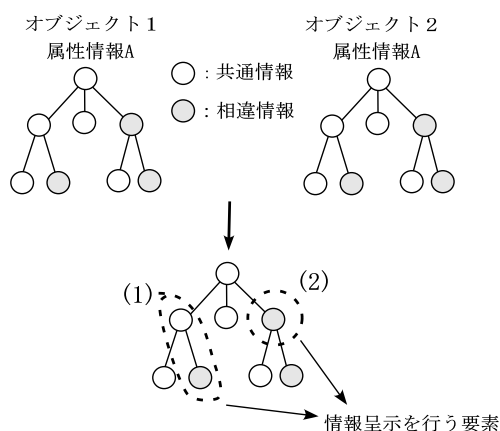


Fig. 9 Presentation element based on differentiation.



図 10 差異呈示のシステム実装画面
Fig. 10 Display of differentiation system.

の場合は〈line〉タグの value 値を文字情報とする。差異情報を呈示したシステムの実装画面を図 10 に示す。図 10 では、〈Attribute〉タグの Id 値が「Display」で同じ 2 つのノート PC を比較し、異なる〈line〉タグの value 値「Blue TFT」と「Red TFT」を文字情報として呈示している。

4.2 属性情報の有無による差異呈示

属性情報の有無による差異呈示とは一方の 3 次元 CG モデルにはある属性情報が存在するが、もう一方の 3 次元 CG モデルにはその属性情報がない場合である。つまり、差異情報として照合を行う属性情報の識別名が一方の 3 次元 CG モデルには存在しない場合である。これによる呈示方法として、2 つの 3 次元 CG モデルの下にそれぞれ円卓となるものを想定する。さらにその下にもう 1 つの大きな円卓を置くことを想定する。3 次元 CG モデルの下にある各円卓は、3 次元 CG モデルを回転するものである。それに対し、その円卓の下にある大きい円卓は、3 次元 CG モデルの位置情報を変化させるためのものである。つまりは、属性情報について有無による差異が生じた場合、その属性情報が存在する 3 次元 CG モデルを前に、ない 3 次元 CG モデルを後ろになるように、大きい円卓を 90

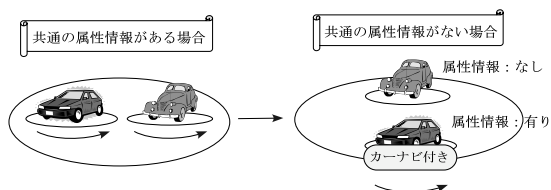


図 11 属性情報の有無による呈示
Fig. 11 Representation of attribute existence.

度回転させる。このように、属性情報の有無による差異を表現する。これを図 11 に示す。

4.3 差異呈示における音声呈示制御

属性情報の差異を呈示する場合、視界に 2 つの 3 次元 CG モデルが写るように並べ、回転させながら呈示するのが望ましい。そうすることで、属性情報の差異だけでなく、3 次元 CG モデルの色、形状等の視覚的な情報も比較しながら認識できると考える。しかし、2 つの 3 次元 CG モデルでは属性情報が付加されている位置や面が異なるため、回転における音声呈示するタイミングが重要になる。呈示する場合は 2 つの 3 次元 CG モデルに付加されている属性情報の面が視野に写っている必要がある。また、2 つの 3 次元 CG モデルが異なった回転を行うとユーザが困惑する恐れもある。よって以下の条件に基づき音声呈示を行う。

- 2 つの 3 次元 CG モデルは同様の回転を行う。つまり、回転方向、ならびに回転速度も同一にする。
- ある属性情報に対する面が両方の 3 次元 CG モデルについて視点から見ることであれば音声呈示可能とする。つまり、3.1.3 項の条件式 (2) にある閾値を $\delta = \pi$ とする。

ただし、属性情報の値による差異呈示の場合、対応する属性情報が正反対にあるとき等は、上記の条件に基づき 2 つの 3 次元 CG モデルが同じ速度回転を行うと、同一の画面上に対応する属性情報を呈示できない場合がある。このときは、視野内に呈示された属性情報を持つ 3 次元 CG モデルをもう一方の 3 次元 CG モデルの属性情報が視野内に呈示されるまで回転を停止することにより解決をする。つまりはこの場合、2 つの 3 次元 CG モデルの回転方向および回転速度は同一であるが、回転時間が異なる。

2 つの 3 次元 CG モデルの属性情報の集合をそれぞれ $Attribute_1$, $Attribute_2$ とすると、呈示する属性情報の集合 $Attribute$ は以下のように表される。

$$Attribute = Attribute_1 \cup Attribute_2 \\ = \{A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_m\}$$

属性情報 A_j における 2 つの 3 次元 CG モデルの音声呈示可能区間をそれぞれ $Voice_{1j}$, $Voice_{2j}$ とする。

また, $Voice_{1j} = \phi$ または $Voice_{2j} = \phi$ の場合は属性情報 A_j の有無による差異情報を表す. A_j における差異を音声呈示できる区間 $Voice_j$ は 2つの 3次元 CG モデルの面が視点から見えているという制約により, 以下のように表される.

if $Voice_{1j} \neq \phi, Voice_{2j} \neq \phi$ then
 $Voice_j = Voice_{1j} \cap Voice_{2j}$
 if $Voice_{1j} = \phi$ then
 $Voice_j = Voice_{2j}$
 if $Voice_{2j} = \phi$ then
 $Voice_j = Voice_{1j}$

また, $Voice_j, j \in (1, 2, \dots, m)$ における音声呈示区間の重複については 3.1.6 項で述べた音声重複による制御により音声の重なりを避ける.

5. プロトタイプシステムとその評価実験

5.1 プロトタイプシステム

本研究では XVL (eXtensible Virtual world description Language)^{(20),(21)} で記述された 3次元 CG モデルを使用している. XVL は Lattice Technology 社が開発を行っている 3D データ記述とアニメーション記述のためのテクノロジーの総称である. XVL を適用した主な理由を以下に示す.

- XML フォーマットであるので独自のタグ情報を追加定義できる. XVL ファイルに属性情報やキーワードを記述することが可能となる.
- なめらかな曲面に対してもポリゴンとして属性情報やキーワードを付加でき, 法線ベクトルが計算可能となる.
- 軽量である.

XVL ファイルに対する属性情報の付加について述べる. XVL では面を記述するタグとして (Face) が定義されている. このタグに Id を指定し, 我々が独自に追加したタグ (Attribute) の Id と対応させることで面に対する属性情報の付加を実現した. これを 図 12 に示す. (model) タグの付加についても同様である.

XVL を使用して前章までの自律的呈示方式を基にしたプロトタイプシステムを実装した. これを 図 13 に示す.

ユーザインターフェイスには, Web ブラウザを用いた. また, 本システムはユーザが見たい 3次元 CG モデルや文書を選択する 3D Viewer と生成されたアニメーションを呈示する機能からなる. 3D Viewer により 3次元 CG モデルまたは文書を選択し, プログラムを介して, アニメーションデータが記述された XVL ファイルを出力する. また, 音声読み上げの制御を行

XVLの面の記述

```
<Face Id="display" 面形状データ/>
```

属性情報の記述

```
<Attribute Id="display">  
  属性情報  
</Attribute>
```

図 12 面に対する属性情報の付加

Fig. 12 Addition of attribute data for surface.

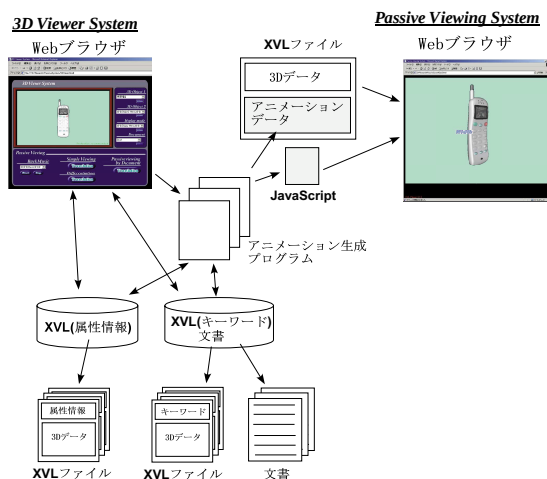


図 13 プロトタイプシステム

Fig. 13 Prototype system.

う JavaScript も出力される. 音声読み上げは, IBM の ViaVoice98 の音声合成エンジンと Java Speech API により実現した.

5.2 システムの評価実験

3次元 CG モデルと属性情報の自律的呈示方式の有効性について本システムを用いて評価を行う. 自律的呈示方式の評価には能動的操作との相対的な指標によって行う必要がある. そこで, 従来のマウスを使用して 3次元 CG モデルを回転させたり, 面をクリックすることによってテキストフィールドに情報を表示させたりするシステムを作成し, 比較評価実験を行った. この従来の方法によるシステムを従来システムと呼ぶ.

比較評価実験は, 研究室の被験者 10 人に対して行い, 従来システムと本システムを操作してもらい, その比較における評価や本システムの有効性についての評価を単体の 3次元 CG モデルの呈示と複数の 3次元 CG モデルの情報差異による呈示について行った.

単体の 3次元 CG モデルの評価

単体 3次元 CG モデルに付加されたすべての属性情報を取得した時間を計測し, 従来システムと本システムの優劣を検証した. 3次元 CG モデルには属性情報の

表2 単体の3次元CGモデルの情報取得時間

Table 2 Time of acquisition information for single 3DCG-model.

	ノート PC	携帯電話	ミツパチ	さそり
従来システム	64.5 秒	47 秒	137 秒	203 秒
本システム	90 秒	54 秒	75 秒	145 秒

付加された位置が特定できるコンテンツと特定できないコンテンツを用いた。実際には、属性情報の付加された位置が特定できるコンテンツとして“ノート PC”と“携帯電話”を用い、特定できないコンテンツとして“ミツパチ”と“さそり”を用いてユーザの情報取得時間を測定した結果を表2に示す。ただし、従来システムの呈示時間は被験者の平均値である。また、これら4つのコンテンツとも各々5つの属性情報が付加されている。

属性情報の付加された位置が特定できるコンテンツと特定できないコンテンツとでは、2つのシステムの取得時間の優劣が異なった。これは、ボタンやスイッチ等位置の特定が可能な“ノート PC”と“携帯電話”は従来システムの呈示の方が短時間であった。一方、“ミツパチ”や“さそり”の場合、どこに情報が付加されているかが特定できず、マウスを手探りに動かす傾向が見られ、取得時間も大きくなったと考えられる。たとえば、“ミツパチ”の「花粉袋」という属性情報である。「花粉袋」がどこにあるのかを知らない被験者が多く、適当にクリックして探索するため時間を費やしてしまう結果となった。ユーザ側で、属性情報の付加された位置が特定できるコンテンツの場合、従来システムの方が短時間で取得可能であるが、位置が特定できない場合は本システムが有効であると考えられる。

また、被験者のコメントを下記に示す。

- 本システムの方が分かりやすい
属性情報が音声呈示のため、文章による呈示よりも情報を取得しやすい。初めて3次元CGモデルを操作する場合には本システムの方が容易である。
- 文字の配置は見直しが必要
属性情報を文字として表示させる場合、配置を考慮しないとその文字で3次元CGモデルの面が見えにくい場合がある。
- 個別化が必要
ユーザが興味のない情報まで呈示するため、インタラクション等によってユーザの興味を反映させた仕組みがほしい。

このことより、初めて3次元CGモデルを操作する場合は本システムは有用であるが、属性情報の文字呈示の手法に改良と、ユーザに対する3次元CGコンテ

表3 複数の3次元CGモデルの情報取得時間

Table 3 Time of acquisition information for multiple 3DCG-models.

	ノート PC	携帯電話	ミツパチ	さそり
従来システム	127 秒	85 秒	194 秒	238 秒
本システム	108 秒	76 秒	93 秒	170 秒

ツの個別化による呈示が今後の課題となった。

複数の3次元CGモデルの差異情報の評価

単体3次元CGモデルの評価実験と同様に従来システムと本システムの比較実験を行った。ここでは従来システムとして、比較する2つの3次元CGモデルに付加されたすべての属性情報を取得した時間を計測した。そして、従来システムと本システムの優劣を検証した。使用したモデルも単体3次元CGモデルの評価実験と同じ4種類のモデルである。測定した結果を表3に示す。

表3より、属性情報の付加された位置が特定できるコンテンツと特定できないコンテンツとにかかわらず、複数の3次元CGモデルの差異情報による呈示は本システムの方が取得時間が短いことが分かる。これは、従来システムは複数の3次元CGモデルの情報を取得するには、2度同じようなオペレーションを行わなければならないが、本システムは、複数の3次元CGモデルの情報を一度に呈示するため取得時間が短くなる。このことより、複数の3次元CGモデルの情報ではコンテンツにかかわらず有用であることが判明した。

また、被験者のコメントも上記の結果と同様に、複数の3次元CGモデルを一度に説明するため、本システムの方が良いという回答がほとんどであった。しかしながら、分かりきっている差異情報も呈示するため、ある程度ユーザの興味を入れられるようにしてほしいというコメントがあった。このことは、単体の3次元CGモデルの呈示と同様に、ユーザによるコンテンツの個別化による呈示を行うことが今後の課題となった。

6. まとめ

本論文では3次元CGモデルの属性情報に基づいた自動アニメーション生成を行い、その属性情報を音声によって呈示する、3次元CGモデルの自律的呈示を提案した。

具体的には下記の2項目を提案した。

- 単体3次元CGの属性情報に基づいた自律的呈示方法
3次元CGモデルの各面に属性情報を付加させ、

一定方向に回転するアニメーションに従い属性情報を表示する「回転駆動型自律的表示方式」と、3次元CGモデルに関する文書に3次元CGモデルの各面を付加させ、文章の流れに従いアニメーションを生成し、属性情報を表示する「文書駆動型自律的表示方式」の2つの方式を提案した。

- 複数3次元CGの差異情報に基づいた自律的表示方式
複数の3次元CGの各属性情報を比較し、その差異情報を表示する機能を提案した。

本研究により、ユーザは3次元CGモデルの属性情報を容易に取得することが可能となり、3次元CG作成者も容易に自分の意図をふまえた3次元CGモデルの属性情報をユーザに表示することが可能になった。

今後、携帯電話に代表されるインタラクションが制限されている携帯端末において本システムのような3次元CGの自律的表示方式は有用であると考えられる。

また、下記に今後の課題をあげる。

- 回転以外の自動アニメーション対応
3次元CGアニメーションの特徴の1つである移動や物体表面の半透明化、3次元CGモデルの部品の動き等への対応。
- バウンディングオブジェクトの対応
複雑な3次元CGモデルの自動アニメーション生成に対応するために、バウンディングオブジェクトに属性情報を対応させた自動アニメーションの生成。
- 個別化によるアニメーション生成
ユーザに対する3次元CGコンテンツの個別化による3次元CGモデルの属性情報の自律的表示。
- 携帯端末への対応
携帯端末における3次元CGコンテンツの自律的表示方式の検討。

謝辞 本研究の一部は、NHKとの共同研究（12年度：神戸大学、13年度：京都大学）および、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」（プロジェクト番号 JSPS-RFTF97P00501）による。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) <http://www.web3d.org/>
- 2) Tanaka, K., Nadamoto, A., Kusahara, M., Hattori, T., Kondo, H. and Sumiya, K.: Back to the TV: Information Visualization Interfaces Based on TV-Program Metaphors, *Proc. IEEE Int'l. Conf. on Multimedia and Expo (ICME2000)*, pp.1229-1232 (July-Aug. 2000).
- 3) 灘本明代, 服部多栄子, 近藤宏行, 沢中郁夫, 田中克己: Web コンテンツの受動的視聴のための自動変換とスクリプト作成マークアップ言語, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.42, No.SIG(TOD8), pp.103-116 (2001).
- 4) 灘本明代, 服部多栄子, 近藤宏行, 沢中郁夫, 草原真知子, 田中克己: Web 情報の番組化のためのオーサリング機構, 情報処理学会研究報告, 00-DBS-120-14, pp.99-106 (2000年1月).
- 5) 服部多栄子, 沢中郁夫, 灘本明代, 田中克己: Web の受動的視聴のための同期化可能領域の発見と番組化用マークアップ言語 S-XML, 情報処理学会研究報告, 00-DBS-121-2, pp.9-16 (2000年5月).
- 6) 矢部武志, 四方正輝, 灘本明代, 田中克己: 3D オブジェクトと属性情報の受動的視聴方式, 電子情報通信学会データ工学ワークショップ (DEWS '01) 論文集 (2001年3月).
- 7) 四方正輝, 矢部武志, 灘本明代, 田中克己: 携帯端末による機器状態情報取得とマニュアル情報の検索・再構成, 情報処理学会研究報告, Vol.2001, No.70 01-DBS-125(I), pp.343-350 (2001年7月).
- 8) The virtual Smithsonian ホームページ
<http://2k.si.edu/>
- 9) ルーブル美術館ホームページ
<http://www.louvre.fr/>
- 10) UCLA Cultural VR Lab ホームページ
<http://www.cvrmlab.org/>
- 11) デジタルシティ京都ホームページ
<http://www.digitalcity.gr.jp/>
- 12) Koiso, K. and Tanaka, K.: A Study on Virtual-Space Media for Information Retrieval, Doctoral Dissertation (March, 2000).
- 13) Mori, T., Koiso, K. and Tanaka, K.: Spatial Data Presentation by LOD Control Based on Distance, Orientation and Differentiation, *to appear in the Proc. International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 '99)*, pp.49-56 (Sept.-Oct. 1999).
- 14) Koiso, K., Matsumoto, T. and Tanaka, K.: Spatial Authoring and Orientation-Based Aggregation of Annotated Information, *Proc. International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 '98)*, pp.31-38 (June 1998).
- 15) Koshizuka, N. and Sakamura, K.: Tokyo University Digital Museum, *Proc. 2000 Kyoto International Conference on Digital Libraries: Research and Practice*, pp.179-186, Kyoto University, The British Library, and NSF (2000).
- 16) Yura, S., et al.: Design and Implementation of the Browser for the Multimedia Multi-User

Dungeon of the Digital Museum, *Proc. 3rd Asia Pacific Computer Human Interaction*, p.4449, IEEE CS Press (1998).

- 17) Kanade, T., Rander, P. and Narayanan, P.: Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes, *IEEE MultiMedia*, Vol.4, No.1 (1997).
- 18) Vedula, S., Baker, S., Rander, P., Collins, R. and Kanade, T.: Three Dimensional Scene Flow, *Proc. ICCV '99*, Kerkyra, Greece, September 20–27, Volume II, pp.722–729 (1999).
- 19) Kanade, T., Rander, P., Vedula, S. and Saito, H.: Virtualized Reality: Digitizing a 3D Time-Varying Event As Is and in Real Time, Mixed Reality, Merging Real and Virtual Worlds, Ohta, Y. and Tamura, H. (Eds.), pp.41–57, Springer-Verlag (1999).
- 20) <http://www.lattice.co.jp/>
- 21) Wakita, A., Yajima, M., Harada, T., Toriya, H. and Chiyokura, H.: XVL: Compact and Qualified 3D Representation with Lattice Mesh and Surface for The Internet, *Web3D-VRML2000 — 5th Symposium on the Virtual Reality Modeling Language (Web3DVRL2000 San Francisco)*, pp.45–51 (2000).
- 22) <http://www.w3.org/XML/>

(平成 13 年 9 月 25 日受付)

(平成 13 年 12 月 27 日採録)

(担当編集委員 市川 哲彦)



瀧本 明代 (正会員)

1987 年東京理科大学理工学部電気工学科卒業。同年 (株) TL ヤマギワ研究所入社。(株) 計算流体力学研究所, クボタシステム開発 (株), (株) 関西新技術研究所を経て, 2001 年独立行政法人通信総合研究所入社, 現在に至る。マルチメディアコンテンツの情報配信, 閲覧に関する研究に従事。1998 年より神戸大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻博士課程に在籍。



矢部 武志

1999 年神戸大学工学部情報知能工学科卒業。2001 年神戸大学大学院自然科学研究科情報知能工学専攻修了。2001 年日本オラクル (株) 入社。現在に至る。データベース, ハイパーメディアに興味を持つ。



四方 正輝 (学生会員)

2001 年神戸大学工学部情報知能工学科卒業。現在, 同大学大学院自然科学研究科修士課程に在籍。データベース, ハイパーメディアに興味を持つ。



田中 克己 (正会員)

1974 年京都大学工学部情報工学科卒業。1976 年同大学大学院修士課程修了。1979 年神戸大学教養部助手, 1986 年同大学工学部助教授。1994 年同大学工学部教授 (情報知能工学科)。1995 年同大学大学院自然科学研究科情報メディア科学専攻専任教授, 2001 年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授, 現在に至る。工学博士。主にデータベースの研究に従事。人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, IEEE Computer Society, ACM 等各会員。