

## 眼球運動に基づく3DCG シミュレーションの構築\*

3B-1

大越 孝道 曾根 路子 上田 穰  
会津大学<sup>†</sup>

白井 靖人  
静岡大学<sup>‡</sup>

### 1 はじめに

近年、インターネットの利用が急増し、文字や画像、動画、音声情報に簡単にアクセス可能となった。コンピュータの進歩により大量の情報を瞬時に処理できるようになったが、それによって情報もますます増大している。その大量のデータを人間に理解しやすい形にする手段として画像化や映像化または3DCG化が行なわれている。

都市開発において、建物の景観への影響を考慮することは重要である。そこで都市計画においては仮想の3次元空間における景観シミュレーションが有効である。3次元仮想空間を作るためには膨大な量のデータが必要になる。しかし、3次元仮想空間において膨大なデータを扱うとオブジェクト表示計算やレンダリング処理を行なうには高パフォーマンスなCPUでも性能不足である。だからと言って3次元仮想空間を簡略化しデータを減らしすぎると表現が損なわれてしまう。

そこで、本論文では視覚認知的観点から分析した3次元仮想空間の構築を考えた。

### 2 3次元仮想空間構築における問題点と問題解決へのアプローチ

3次元仮想空間の構築において次のような問題点が生じる。

- 使用されるCPU性能
- データ量
- 画像精度
- 画像とオブジェクトのバランス

そこでこれらの問題に対してどのようにすれば表現が損なわれない3次元仮想空間を構築することができるのか解決法を考えた。

一般に、オブジェクト表示の高速化のために

- 視野によるクリッピング
- LOD(Level Of Detail)方式

を用いている。

遠くからオブジェクトを見た場合、画像の解像度以上に細部を詳細に表示しようとしても結局意味がない。そこでこの問題を解決するのがLOD方式である。LOD方式は3次元仮想空間の全領域について描画を行なうのではなく、オブジェクトまでの距離によって表示精度を変える方式である。しかし、LODを使用すると大きな空間になればなるほど設定作業に手間がかかり、システム開発の負担となり、CPUの負荷が大きくなる。また、LOD方式において人間の視野に入る領域に関する定義がまだあいまいである。

そこで以上の問題点を解決する方策として、視覚認知的観点から分析した。Talk Eyeという眼球運動測定装置により人間の視野の範囲と注視点を測定し、その範囲内にあるオブジェクトを3次元で表現し、残りをテクスチャで表現すれば、データ量を減らすこともできるし、表現も損なわれない3次元仮想空間の構築ができると考えた。

### 3 視覚情報処理

そこでまず人間が画像を見たときにどのような情報をいかにして継続的に処理し、認識しているのかを視覚認知的観点から考えた。

われわれは外界の情報を眼球運動によって獲得している。眼球運動は通常250～300msの注視と数十ミリ秒のサッケード(saccade:すばやい眼球の運動)を繰り返して、外界の情報を処理している。サッケード中は外界の情報は処理されないで、数十ミリ秒の間において視覚情報が伝達されることになる。さらに実際に視覚情報が処理されるのは注視後の100ms前後であり、約100ms間は情報処理を行なうが、その後約100～200ms間は処理過程(外界の情報を獲得する過程)が停止する。したがって情報獲得はおおよそ200msの間においてパルス状に生じている。

以上のことから、人間は注視とサッケードの繰り返しにより情報を獲得していることがわかった。特に、ものを注視することによって情報を獲得している。そこで、眼球運動測定装置を使って眼球の動きから注視点を測定することによって視野の範囲を分析してみた。

### 4 Talk Eye

人間の眼球の動きを測定するためにTalk Eyeという眼球運動測定装置を使用した。

\*Constraction Of 3DCG Spectacle Simulation Based On Eye-ball Motion

<sup>†</sup>Takamichi Ookoshi, Loco Sone, Minoru Ueda: The University of Aizu

<sup>‡</sup>Yasuto Shirai: Shizuoka University

#### 4.1 Talk Eye について

“Talk Eye”は強膜反射法を採用して眼球の動きを検出する装置である。強膜反射法の検出原理は眼球に照射された光は白目と黒目とでは反射率が違うので、反射率の違いを増幅して、差をとれば水平方向出力となり、和をとれば垂直方向出力となるものである。水平方向と垂直方向では眼球に対するセンサーの位置が若干違う。主な特徴としては、装置の小型軽量高精度化、ワイヤレス化、及びバッテリー駆動の実現、片眼検出方法の採用、自動校正機能の採用などがある。

#### 4.2 Talk Eye による測定とプログラム

視線の軌跡を表示するプログラムを作成した。

1. 画像データを見たときの人間の視線の動きを Talk Eye より測定した。
2. Talk Eye より測定した XY 方向の各視線角度 ( $\theta$ ) と眼球から注視している画面までの距離 (*distance*) より、三角比の正接定理 (*tangent*) を使って各座標を求めた。

$$X = \tan\theta_{xy} \cdot \text{distance}$$

3. 求めた各座標を結んで視線の軌跡を描いた。

### 5 測定データ解析

Talk Eye を使用し人間が画像を見たときに注視している点と視線の軌跡を数人の被験者から測定した。



Figure 1: 注視点

Figure1 に示すデータは被験者が画像を見始めた最初の 10 秒間の測定値からどのような点で注視しているのか、いくつかのサンプルデータを統合して表してみたものである。Talk Eye より測定した注視時間が 200ms 以上の注視点を取り出して分析してみると、右と左に集中的に集まっていることがわかる。また、右と左にある点は重なっている部分も多数ある。以上の事柄と実験分析から以下のようなことがわかった。

- まず、最初の数秒の時点では視点が定まらない。
- その後近くにある物体を注視し始める。
- しばらくしてから奥へと視線を移動する。

以上の分析結果から、3次元仮想空間において表現が損なわれない程度に表示するには、視点の位置から約 250～300m の範囲を 3次元で表現すればよいことがわかった。しかしこれは上記のような画像データに限る。

景観シュミレーションの画像と視線の軌跡のデータを組み合わせたデータを作成した。これにより、視線の範囲が測定できるので視線の軌跡と重なっている部分を 3次元オブジェクトで表示して奥にあるデータはテキストで表示してみた。(Figure2)



Figure 2: 3D 景観と視線の合成画像

### 6 おわりに

眼球運動測定データによって人間の視野の範囲を認知的観点から解析することができた。これにより表現を損なわない 3次元仮想空間の構築ができる。

今後の課題としてはウォークスルー作成、VRML への変換がある。また、視覚認知学観点からもっと深くアプローチする必要がある。

### References

- [1] 乾 敏郎, 視覚情報処理の基礎, サイエンス社, (1990)
- [2] 三浦 憲二郎, VRML2.0, 朝倉書店, (1996)
- [3] 荻阪 良二・三輪 武次・杉本 助男・木田 光郎・谷口 正子・鈴木 初恵, 角膜反射光法による眼球運動機能の発達の側面, 名古屋大学環境医学研究年報, (1978)
- [4] Kazuyo Iwamoto・Kazuo Tanie, High Resolution, Wide View Angle Head Mounted Display Using Eye Movement Tracking(System Structure and Evaluation Experiments), IEEE, (1995)
- [5] H.Collewijn, et al, Research Note, Precise Recording of Human Eye Movements. *Vision Res*, (1975)
- [6] 鳥居 修晃, 視覚の心理学, サイエンス社, (1989)
- [7] 鳥居 修晃, 望月 登志子, 視知覚の形成 1, 培風館, (1992)
- [8] 永野 俊・梶 真寿・森 晃徳, 視覚系の情報処理, 啓学出版, (1993)