

# 視線追跡装置を用いた三次元空間内の直感的なナビゲーションの提案と実装

宮入 裕幸<sup>†</sup> 岡本 龍太郎<sup>††</sup> 古堂 淳也<sup>††</sup> 松原 俊一<sup>†</sup> Martin J. Dürst<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 青山学院大学工学部情報テクノロジー学科

<sup>††</sup> 青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻

## 1 はじめに

コンピュータ支援設計からゲームまで様々な分野で三次元コンピュータグラフィックス (3DCG) 内の効率の良いナビゲーションが大きな課題である。本研究は視線追跡装置を用いた 3DCG 内の直感的なナビゲーションについて、新しい方法を提案及び実装する。ユーザの注視点及び両眼の位置の測定により 3DCG 内の視点や視線の移動、注視物体との距離の変更などを可能とする。

最近では市販のコンピュータでもマウスなどの一般的な入力装置に加え、動作認識装置などの新しい入力装置が増えている。しかし、マウスやキーボードからの入力では二次元的な入力となるため、3DCG の直感的な操作が難しい。3DCG 内の視点移動や物体の操作については様々な研究が行われている [1]。また、動作認識装置も 3D モデルの操作を直感的で容易なものにしているが、これらの手法には両手を使用する、手が疲れる、ある程度のスペースを必要とするなどの問題がある。

本研究の提案する手法では実在の三次元空間の日常的行為との類似性が高いため、短時間で習熟可能かつ負担が少ない入力方法として非常に期待できる。

## 2 視線追跡装置

本研究で使用する視線追跡装置は Tobii Technology 社<sup>1</sup>が開発した Tobii X60 である。本機器は 60Hz の周期でユーザの視線を計測する。ユーザは身体に特別な装置を装着する必要がなく、眼鏡やコンタクトレンズを着用していても測定可能である。角膜反射法と呼

### Proposal and Implementation of an Intuitive 3D Navigation Method using Eye Tracking

Hiroyuki Miyairi<sup>†</sup>, Ryutaro Okamoto<sup>††</sup>, Junya Furudo<sup>††</sup>, Shunichi Matsubara<sup>†</sup> and Martin J. Dürst<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

<sup>††</sup> Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

{miyairi, ryutaro, jfurudo}@sw.it.aoyama.ac.jp,

{matsubara, duerst}@it.aoyama.ac.jp

<sup>1</sup>Tobii Eye-Tracker, <http://www.tobii.com/ja-JP/eye-tracking-research/japan/>

ばれる手法により、視線を測定している。キャリブレーションは 5 秒ほどで完了する。ユーザは装置が測定できる範囲内であれば、頭を動かしても計測可能であり、また範囲外に出た場合も、範囲内に戻った時点で視線追跡を再開する。装置はモニタ下部に設置されており、ユーザが意識しにくいデザインになっている。また、ユーザの目がセンサ範囲内のどこに位置しているかも測定できる。これを利用することで頭の傾きや動きを計算する。

現在はまだ高価なものであるが、今後安価になり、一般に広まっていくと予想される [2]。

## 3 カメラ操作

3DCG では作成した CG を写すカメラが仮想的に定義されている。このカメラの位置と向きにより算出された CG を HTML5 の canvas 領域上に表示する。Tobii X60 から取得したユーザの視線により 3DCG 内のカメラの角度 (視線) の操作を行い、頭の動きによりカメラの位置 (視点) の移動を行う。また、意図しない動作を防ぐために、操作が必要のないときにはキーを押すことで、視線による入力を停止する。これは対応するキーを押すことで、視線移動と視点移動のそれぞれを個別に停止させることが可能である。

### 3.1 視線移動

図 1 の (1) のようにユーザの視線により、3DCG 内の視線を移動する。ユーザの視線が canvas 領域の右端へ移動した場合は右へ、左端へ移動した場合は左へ 3DCG 内の視線が移動する。同様に、上端、下端を見るとそれぞれ上方向、下方向へ視線が移動する。このとき 3DCG 内の見かけ上の注視点は常に canvas 領域の中心となっている。また、頭を画面に近づけることで 3DCG 内の注視点が近くへ、離すことで遠くへと移動する。

### 3.2 視点移動

図 1 の (2) のようにユーザが頭を傾けると、傾けた方向に応じて、カメラが移動する。Tobii X60 はセンサ範囲内において、右上を (0, 0)、左下を (1, 1) と設定し

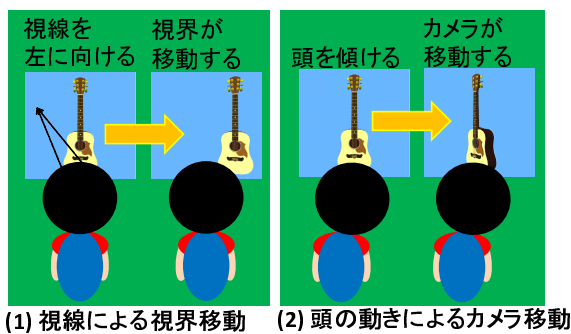


図 1: 視線および視点の移動

ており、測定した目の座標としている。視線入力を開始した時点での現在の両眼の位置を始点とする。頭を傾けた際、始点との差分が一定以上の値になると対応する方向に視点移動を行う。この視点移動では 3DCG 内の注視点を中心とした球座標を用いる。頭を右へ傾けた場合は右方向に、左に傾けた場合は左方向に移動する。同様に、頭を上へ傾けた場合は上方向に、下へ傾けた場合は下方向に移動する。また、頭を画面に近づけることでズームイン、離すことでズームアウトすることが可能である。

## 4 実装

### 4.1 Tobii SDK

Tobii SDK (Tobii Software Development Kit) は、アイトラッカー用ソフトウェア開発キットである。Tobii X60 で測定した注視点などのデータを利用したアプリケーションを開発することが可能である。本研究では図 2 に示すように Tobii X60 が取得したデータを HTTP GET リクエストを用いて node.js<sup>2</sup> により作成した簡易なサーバへ送信する。サーバは測定データを JSON 形式で WebSocket メッセージとしてブラウザへ瞬時に送信する [4]。

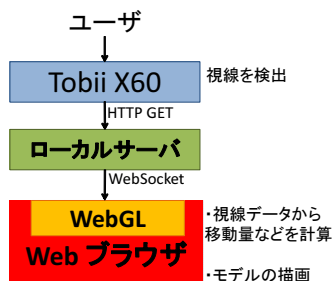


図 2: データの流れ

### 4.2 WebGL

本研究で扱う 3DCG の作成には、JavaScript で Web ブラウザ上に 3DCG を表示することが可能な点、それにより開発が容易である点から WebGL を用いた。また、ラッパーライブラリとして PsychoVision 3D<sup>3</sup> を用いた [3]。

## 5 従来との比較

これまで 3DCG のカメラ操作では複数のキーを組み合わせる、キーとマウスを組み合わせたもののが一般的であった。しかしこれらはいずれも両手を使うなど、操作が煩雑になるという問題があった。本研究による手法では操作は視線や僅かな頭の動きのみなので、両手は自由になり、操作性も容易なものとなった。また操作に使用する領域も不要となった。頭の位置の測定も絶対座標ではなく、始点からの移動量を計算しているので、姿勢やユーザの身長などによる制限もない。

## 6 終わりに

本研究では、3DCG のカメラ操作を日常的動作によって行えるようにした。課題としては個人差への対応、さらに自由度の高い操作などが挙げられる。今後の展望としては、各ユーザに合った設定の選択や、キャリブレーションによる調節の実装が考えられる。また、ウェアラブルコンピュータやヘッドマウントディスプレイなどと組み合わせることで、より直感的な操作が可能となると期待できる。

## 参考文献

- [1] 大西崇之, リンデマンロバート, 清川清, 竹村治雄. マルチタッチデバイスを複数用いた三次元領域選択のためのユーザインタフェース (インタフェース, 人工現実感). 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, Vol. 111, No. 101, pp. 49-54, 2011.
- [2] Ariel Bleicher. Rise of the eye phones. *IEEE Spectrum*, pp. 9-10, 2013.
- [3] 大西武. HTML5+JavaScript+CSS+WebGL による 3D Web コンテンツ制作. 秀和システム, 2012.
- [4] I. Fette and A. Melnikov. The websocket protocol. RFC6455, 2011.

<sup>2</sup>node.js, <http://nodejs.org/>

<sup>3</sup>PsychoVision 3D, <http://webgl-3d.com/index.html>