

# 手の動きに追従する UI における 運動視差による三次元表示方法の研究

杭陳琳<sup>†</sup> 岩崎信一郎<sup>†</sup> 高嶋蘭太郎<sup>†</sup> 水谷晃三<sup>†</sup>

帝京大学理工学部情報電子工学科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

運動視差とは、移動している観察者がある対象を注視しているとき、遠くにある対象は観察者と同じ方向に移動しているように見え、近くにある対象は観察者とは逆方向に動いているように見える現象である。Rogers らは運動視差のみで三次元形状に関する情報を得ることができることを示した[1,2]。これに基づくテーブルトップ型の立体視システムが提案されている[2,3]。

これらのシステムでは、システムがユーザの視点とオブジェクトの投影先の位置関係に基づいて、投影するオブジェクトの運動視差を再現する。ユーザはテーブルに投影されたオブジェクトを水平方向に移動したり、ユーザ自身が動いて視点を変えたりすることにより三次元形状を視認できる。いわゆる 3D メガネなどのような特殊な装置を装着、使用せずに立体形状を視認できる点も特徴の一つである。

一方、投影先が固定されているため、例えばテーブルに投影する場合には、オブジェクトを垂直方向に移動したり、前後または左右方向に傾けたりすることによる三次元形状の視認は難しい。本研究では、この問題を改善するとともに、より直感的に三次元形状を視認できるようにするための方法として、手の動きに追従する UI (User Interface) における運動視差による三次元表示の実現を試みる。

## 2. 手の動きに追従する UI の概要

筆者らは、天井にセンサやプロジェクタを設置して、複数人の手の動きに追従して UI を手に投影するコンピューティング環境 (Followable User Interface, 以下 FUI と略す) を検討している[4,5]。ユーザの手の動きに追従しながら UI が投影されるため、投影されるオブジェクトの水平方向の移動だけでなく、垂直方向への移動、手

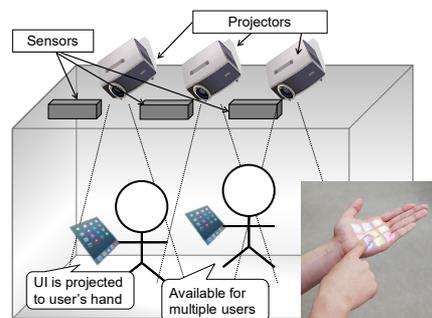


図1 手の動きに追従する UI のコンセプト

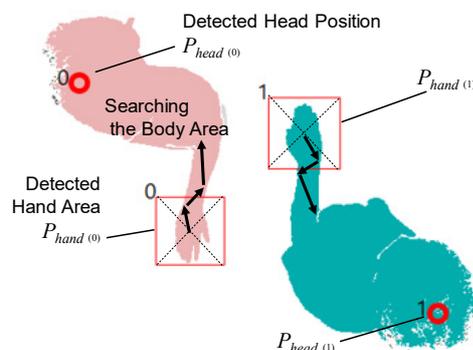


図2 複数ユーザの手と視点位置の決定

を前後左右に傾ける動作が理論上容易である。この特徴を生かし、手と視点位置の関係に基づいて投影されるオブジェクトの運動視差を再現することで、前述の問題改善を試みる。

## 3. 研究方法

### 3.1. 手と頭部の関連付け

手と視点位置の関係に基づいて、手に投影されるオブジェクトの運動視差を再現するために、FUI のシステムにおいて、手と視点となる頭部の位置的关系をユーザごとに識別して管理するための仕組みが必要である。先行研究では、深度センサによる深度値を画像化し、手の形を学習させた OpenCV のカスケード分類器を用いて複数人の手の領域  $P_{hand(i)}$  ( $i=0, 1, 2, \dots, N-1$ ;  $N$ は検出された手の領域の数) を得ることで UI の投影先の位置を決定した。本研究では、各ユーザの頭部の位置を決定するため、図2に示すように検出された手の領域を始点にしてユーザの胴体部分を順に探索し、その領域内で最も上部 (センサから最も距離が近い点) を頭頂部  $P_{head(i)}$  として

### Method for Stereoscopic 3DCG using Motion Parallax on Followable Palm-Top User Interface

<sup>†</sup>ChenLin Hang, Shinichiro Iwazaki, Rantaro Takashima, Kozo Mizutani: Department of Information and Electronic Engineering, Faculty of Science and Engineering, Teikyo University

決定する。この値を視点位置として扱う。

### 3.2. 手を傾ける動作の検出

水平方向および垂直方向の手の位置については、先行研究の方法にて取得可能である。一方、手を前後方向および左右方向に傾ける動作の検出方法を新たに検討する必要がある。本研究では、検出された手の領域の中心点  $C_{hand}$  を基準にして深度値を直線状にサンプリングして手を傾ける動作の検出を行い、投影されるオブジェクトを制御する(図3)。このとき、サンプリング対象となる直線  $L_h$  は、 $C_{hand}$  と  $P_{hand(i)}$  を結んだものとし、直線  $L_w$  は  $C_{hand}$  における  $L_h$  の垂線とする。

### 3.3. 運動視差による立体表示の再現

既存の 3DCG 技術には、オブジェクトの形状と位置、視点となるカメラの位置や方向をそれぞれ定義すると、その視点から見た三次元形状を再現する仕組みがある。本研究ではこの仕組みを用いて運動視差による立体表示を再現する。図4にその概要図を示す。前述の方法により得られた手と視点の位置は、3DCG 内のオブジェクトとカメラの関係に相当する。また、手を傾ける動作はオブジェクトの回転動作に相当する。これらをリアルタイムに制御することで運動視差による立体表示を再現する。

## 4. 結果および考察

前述の方法を先行研究の試作システムに実装して評価を行った。実際の動作例を図5に示す。

(a)は手を左方から右方へ水平移動した場合、(b)は手を前後方向に傾ける動作の例である。ユーザの手と頭の位置関係に応じて視差が生じ、立体的な形状を視認できることを確認した。

手を傾ける動作については、傾ける動作が大きくなるにしたがって手に投影されるオブジェクトの形状の歪みが大きくなる。また、左右方向へ傾ける動作については、直線  $L_w$  上の深度値のサンプリング点数が少なく誤差が大きくなり、結果的に自然な回転動作が得られず、立体形状の視認の支障となった。これらの問題について解決が必要である。また、被験者を増やしたり、複雑な形状のオブジェクトを投影したりするなどして定量的な評価を行う必要がある。

## 5. おわりに

本研究では、手の動きに追従する UI において投影先の移動が容易である点に着目し、運動視差に基づいて手のひらにオブジェクトを投影する方法を検討した。今後は、多様な手の動き場に対応させて立体的に表示できるシステムを実現したい。

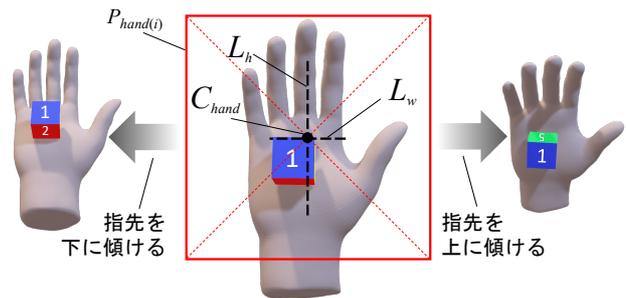


図3 手を傾ける動作と投影イメージ

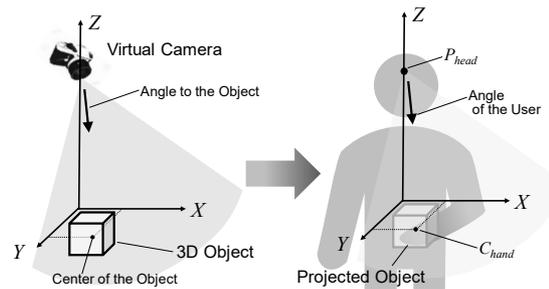


図4 運動視差による立体表示の再現方法

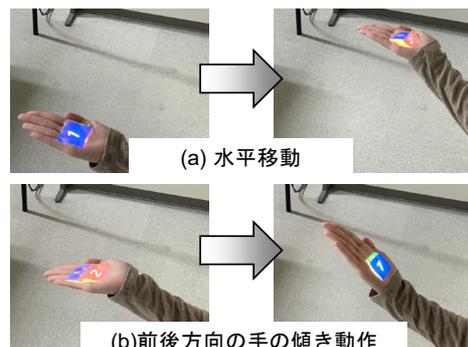


図5 試作システムの動作例

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP18K11580 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] Rogers,B.J., Graham,M.: Motion Parallax as an Independent Cue for Depth Perception, Perception, No.8, pp.125-134, 1979.
- [2] 水野慎士：二人用テーブルトップ型運動視差立体視 CG システムとインタラクション手法提案, 情報処理学会 DICOMO2016 論文集, pp.1848-1853, 2016.
- [3] HoloLamp, <http://hololamp.tech/>, 2017.
- [4] 山崎雄太, 大塚友章, 高笠綾華, 水谷晃三, 荒井正之：複数人の利用者の手の動きに追従するユーザインタフェースの研究,情報処理学会第 78 回全国大会論文誌, 6Y-03, 2016.
- [5] 岩崎真大, 土屋博雅, 松岡雄介, 水谷晃三, 荒井 正之：手の動きに追従する UI における手の認識 とタグ付けによる判別の研究, 情報処理学会第 80 回全国大会, 6ZB-05, 2018.