

インタラクティブな4次元スライス操作による マルチパースペクティブ画像生成

三輪 貴信[†] 酒井 幸仁[‡] 橋本周司[†]
早稲田大学[†] 東洋大学[‡]

1. はじめに

複数の視点で得られる情報を一つの画像に収めたマルチパースペクティブ画像は、シーンへの見通しを明るくし芸術的効果も得られる手法として注目され、様々な投影モデルが検討されてきた[1][2]. 一般的にマルチパースペクティブ画像は、4次元空間で記述された光線空間の2次元断面に相当する. しかし、その断面と投影モデルの対応関係を理解することは難しく、マルチパースペクティブ画像を4次元空間で直接扱う手法は存在しない. 本研究では、断面と投影モデルの関係を明確にし、所望のマルチパースペクティブ画像を自由に生成できる、インタラクティブな画像生成手法を提案する.

2. 提案手法

ここでは、3次元空間を行き交う光線を Camera plane と Focal plane と呼ばれる2つの平行する基準面との交点をを用いて光線空間を定義する[3]. Camera plane との交点は光線を観測する位置 (x, y) , Focal plane との交点は観測する光線の通過する位置 (u, v) で表す. つまり、光線空間は4次元関数 $L(u, v, x, y) = R$ で表され、その値 $L(u, v, x, y) = R$ は光線の輝度を示す. 本論文では、2次元カメラアレイを用いて光線空間をサンプリングする. 図1に示すように、光線空間 $L(u, v, x, y) = R$ は、4次元ワールド座標系 u_w, v_w, x_w, y_w に配置され、全体としては4次元オブジェクトを形成する. 提案手法では、マルチパースペクティブ画像は、4次元空間の視点 $p_f(u_{pf}, v_{pf}, x_{pf}, y_{pf})$ と注視点 $p_a(u_{pa}, v_{pa}, x_{pa}, y_{pa})$ 及び、4次元空間での姿勢を表す4次元上向きベクトル $u_e[u_{ue}, v_{ue}, x_{ue}, y_{ue}]$ と3次元視点方向ベクトル $e_s[e_{es}, v_{es}, x_{es}, y_{es}]$ を用い、4次元空間での視点移動および姿勢変化から生成する. 具体的には視点 p_f から注視点 p_a の方向距離 h に置かれた大きさ $2k \times 2k$ の2次元スクリーンを用いた4次元視野変換と4次元透視変換[4]によってスライスし、任意の2次元断面としてマルチパースペクティブ画像を取り出すのである. つ

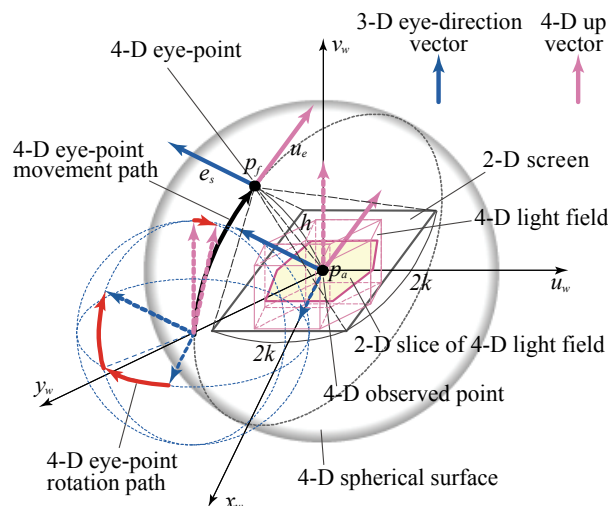


図1 4次元空間の移動とスライス操作
Figure 1 Slice model of the 4-D light field.

まり、4次元空間を自由に探索することで、投影モデルやそのパラメータを滑らかに変化させながら、所望のマルチパースペクティブ画像をインタラクティブに生成可能である.

3. 実験

提案手法を用いてマルチパースペクティブ画像の生成実験を行った. 実験に用いた光線空間は、コンピュータグラフィックスで作成した3次元シーンを仮想カメラアレイでサンプリングしたものである. 光線情報の解像度は、 (x, y) 方向に 41×41 , (u, v) 方向に 41×41 とした.

図2(b)は、 y_w 軸上に視点を置き、図2(a)のように4次元上向きベクトル u_e と3次元視点方向ベクトル e_s を変化させ、視点を回転して得られた画像である. 図2(b)の1~3は、Point Perspective Image から水平方向の視野が徐々に変化してゆき、Cross-slit Image へと変化する様子である. 視点の回転が3に達すると、画像は水平方向に平行な光線を集めた Pushbroom Image となる. これは、カメラアレイのある一行が撮影した各画像から中央一列分のピクセルを取り出して繋いだ画像に相当する. 次に、3~5では、それらの画像の中心を通り、斜めに横切る線上のピクセルを繋いだ画像が生成されている. その線の傾きは視点の回転と共に変化し、たとえば4では各画像

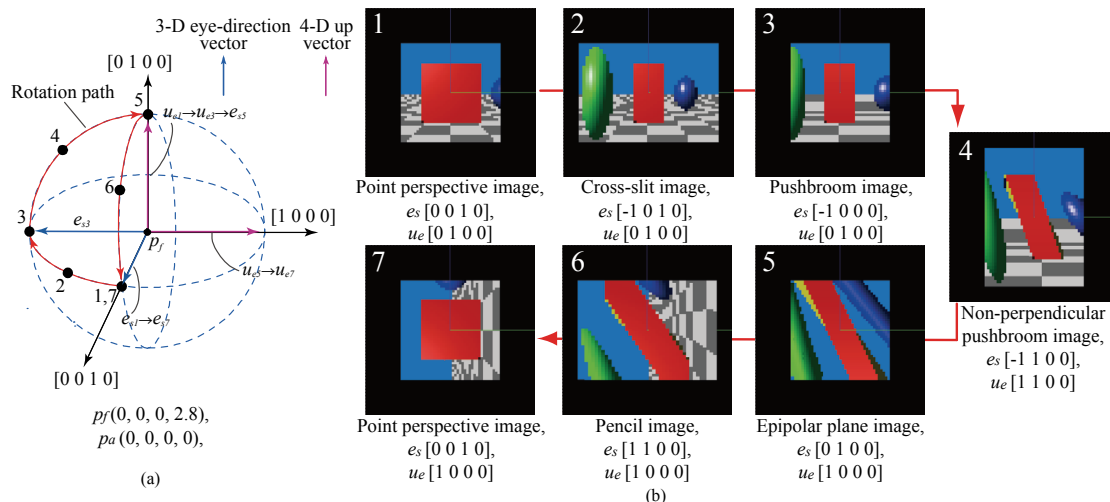


図2 y_w 軸上の視点の回転によって生成されるマルチパースペクティブ画像
 Figure 2 Resulting images corresponding to the rotation at the 4-D eye point on the y_w -axis.

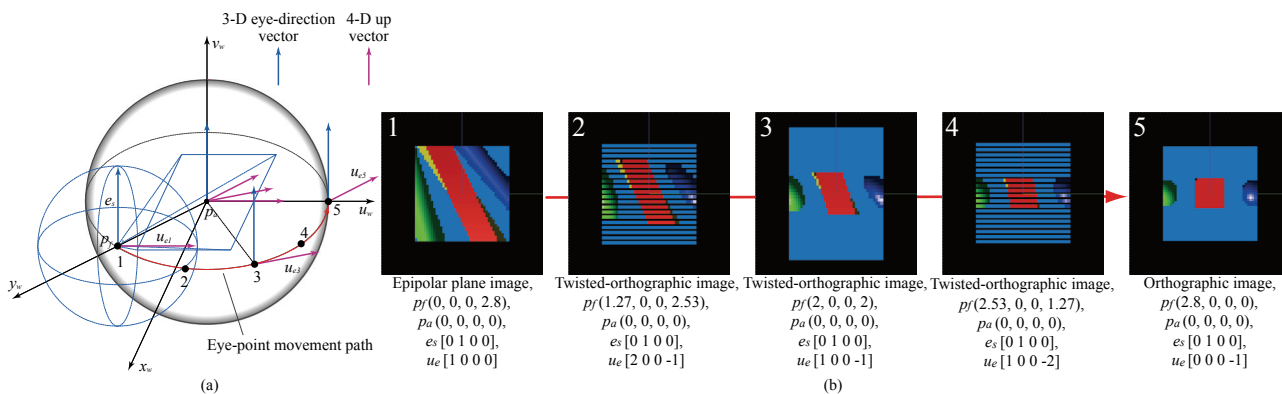


図3 4次元球面に沿った視点移動によって生成されるマルチパースペクティブ画像
 Figure 3 Resulting images corresponding to the 4-D eye point movement along the 4-D spherical surface.

の対角線に相当する。また、その線は5で水平になり Epipolar Plane Image が生成された。最後に5~7で得られた画像は、Pencil Image と呼ばれる、カメラレイのある一行が撮影した各画像から撮影位置の変化にあわせて、異なる行のピクセルを取り出し繋いだ画像となった。

図3は、視点を y_w 軸上から u_w - y_w 平面上で4次元球面に沿って移動させたときに生成された画像である。画像は、Epipolar plane image から Orthographic Image へと徐々に変化しているが、その途中では Twisted-orthographic image が生成されている。この画像では、同じ行内に含まれる光線は互いに平行であるが、異なる行に含まれる光線は互いにねじれの位置の関係にある。

4. まとめ

本論文では、光線空間を4次元空間で直接切断する、マルチパースペクティブ画像のインタラクティブな生成手法を提案した。提案手法は、4次元空間の探索とスライス操作を通じて、所望

のマルチパースペクティブ画像を自由に生成できる。今後は、提案手法を複数光線空間の合成によるシーンモデリング手法に拡張することを考えている。

謝辞

本研究の一部は、早稲田大学ヒューマノイド研究所、グローバル COE プログラム「グローバル ロボット アカデミア」、科学技術振興機構 CREST 研究「人を引き込む身体的メディア場の生成・制御技術」の研究助成を受けて行われた。

参考文献

- [1]Yu,J., and McMillan,L. 2004. General Linear Cameras. In ECCV'04. 14-27.
- [2]Rosen. P., and Popescu. V. 2011. An evaluation of 3-D scene exploration using a multiperspective image framework. The Visual Computer 27, 623-632.
- [3] Levoy, M. and Hanrahan, P. 1996. Light Field Rendering. In SIGGRAPH'96, 31-42.
- [4]Sakai Y., and Hashimoto, S. 2006. Interactive four-dimensional space visualization using five-dimensional homogeneous processing for intuitive understanding. The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers 60, 10, 1630-1647.