

非透視投影のための2次元制約を用いたカメラパラメータ制御

吉田 謙一 高橋 成雄 西田 友是

東京大学 大学院新領域創成科学研究科

1. 背景と目的

3次元コンピュータグラフィックス（以下CG）において、投影は3次元空間を2次元スクリーン上に表現する方法として重要な意味を持つ。なぜなら、投影が異なると、2次元投影図から抽出できる3次元空間の情報が大きく異なるからである。CGでは、主に透視投影が用いられているが、人間が描く絵では、投影図上で表現したい特徴に応じて、多様な投影が行われている。例えば、案内図では対象の配置が分かりやすく、遮蔽が起こらないよう投影され、模式図では、強調したい部分が他とは異なる分かりやすい視点から投影されている。このように特徴に応じて局所的に異なる視点から作られる投影を、ここでは非透視投影と呼ぶ。

近年、非透視投影に関する研究が行われるようになっており、特に、多視点投影、すなわち、複数の視点から投影された絵を生成する手法が盛んに研究されている。非透視投影による効果は、一部の例外を除いて、3次元オブジェクトの変形と透視投影によって得られる。[1],[2]では、最終的には形状の変形が行われているが、3次元空間中の複数のカメラを制御することによって非透視投影の効果を得ているため、誇張部分の視点を変えるといった操作がFFDのような変形手法に比べ容易に行うことができる。しかし、投影を定義する手段としてカメラを用いると、シーンが複雑につれて制約となるカメラの数が増え、操作が困難になり、計算時間も増加する。

本手法では、3次元空間中にカメラパラメータの場を考え、3次元オブジェクトの任意の点を見るカメラを操作できるようにする。そうすることにより、3次元空間中のカメラを意識することなく、物体の局所的な見え方を操作することができ、場を前もって計算している場合、変形時の計算コストも一定である。

そこで、局所的なカメラパラメータ変化の影

響範囲を指定する必要があるので、視点操作の伝播方法や補間方法を指定するインターフェースについても提案する。

2. 非透視投影モデル

この節では、非透視投影を、カメラパラメータ場を設計することにより実現する方法を提案する。まず、シーンを描写するメインのカメラCを考える。カメラCによって、射影された正規空間 $[-1,1] \times [-1,1] \times [0,1]$ （図2）にカメラパラメータ場を定義する。ここで、カメラパラメータをカメラの位置 $p \in R^3$ 、向き q （クォータニオン）のペア (p, q) とする。カメラの焦点距離や画角は考慮する必要がない。なぜなら、焦点距離や画角はカメラの視野に関するパラメータであり、カメラパラメータの場では局所的な視点の情報にしか注目していないからである。

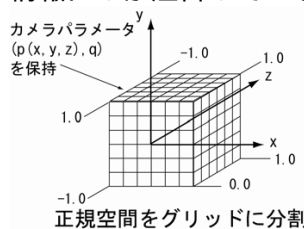


図2: 正規空間のカメラパラメータ場

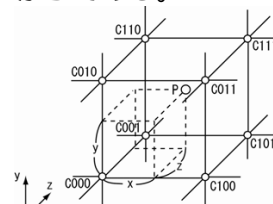


図3: 点Pの近傍格子

正規空間を格子に区切り、各格子点でカメラパラメータを保持する。3次元空間中のある点Pのカメラを求めたいとする。カメラCの射影変換MでPを移したPMの近傍の格子点のカメラを図3のように $C_{ijk}(p_{ijk}, q_{ijk})$ ($i, j, k = 0$ または1)とする。各格子点のカメラパラメータから正規空間中のPMについて図3の補間パラメータ (x, y, z) でTrilinear補間を行うことにより、点Pを描画するカメラ C_p を得る。

カメラパラメータのTrilinear補間は、カメラの位置 p については、ベクトルのTrilinear補間を行い、また、向きについては、クォータニオンの球面線型補間に基づいたTrilinear補間を行う（図4）。具体的には、 $S(q_1, q_2, t)$ は q_1, q_2 の間の補間パラメータ t による球面線型補間とす

ると、向き q は

$$q = S(S(S(q_{000}, q_{100}, x), S(q_{010}, q_{110}, x), y), S(S(q_{001}, q_{101}, x), S(q_{101}, q_{111}, x), y), z))$$

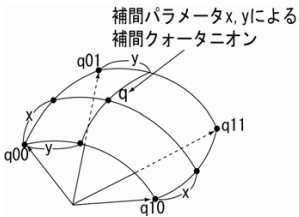


図4: 2次元の球面線型補間

カメラパラメータ自体を補間することで、FFDのベジェ、スプラインといった曲線より、投影の性質に沿った補間が行われる。そして、点 P を描画する

カメラ C_p が決まると、[2]の方法に基づき $P' = PM_{C_p}M_C^{-1}$ と変形することで、メインカメラ C による透視投影に置き換えることができる。

3. インターフェース

カメラパラメータ場を定義するためには、3次元空間の局所的な視点を操作し、また、操作した局所カメラパラメータを周囲に伝播させる必要がある。そこで、図5のようなツールを提案する。

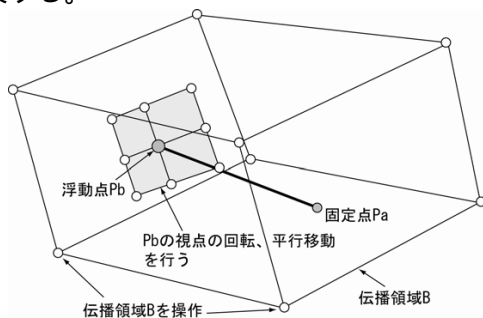


図5: カメラパラメータ場を定義するツール

固定点 (カメラパラメータが変化しない点) P_a とカメラパラメータを操作する点 P_b 、伝播領域 B から成り立っている。 P_b の局所視点を操作し、操作した結果の視点 C_{P_b} を P_a の視点 C_{P_a} を P_b から P_a の内分比率で補間する。また、補間方向に垂直な方向に、そのカメラパラメータを伝播領域 B の範囲で伝播する。伝播方法は、領域内で一定値にする、もしくは、領域端のカメラパラメータの間で補間する等が考えられる。このツールにより、カメラパラメータ場の格子点のカメラパラメータを更新する。

このように、カメラパラメータを直線に沿って変化させていくのは、実際の絵における非透視投影は直線的に視点が変化していると解釈できることに基づいている。

4. 結果

図5 (a)のようなロッカーの並んだ部屋の投影を

操作し、より奥行きを強調した絵を作成する例を示す。点 P_a を固定点、点 P_b をカメラパラメータを操作する点とする (b)。緑色の領域が伝播領域を示しており、青い領域をドラッグすることで、視点がトラックボールの要領で回転する。青い領域の中心の点をドラッグすることで、カメラのスクリーンに平行な移動を行い、端にある点をドラッグすることでズームを行う。(c)は P_b の視点の回転を行った。(d)では、さらに視点を平行移動し、(e)で視点を近づけた。

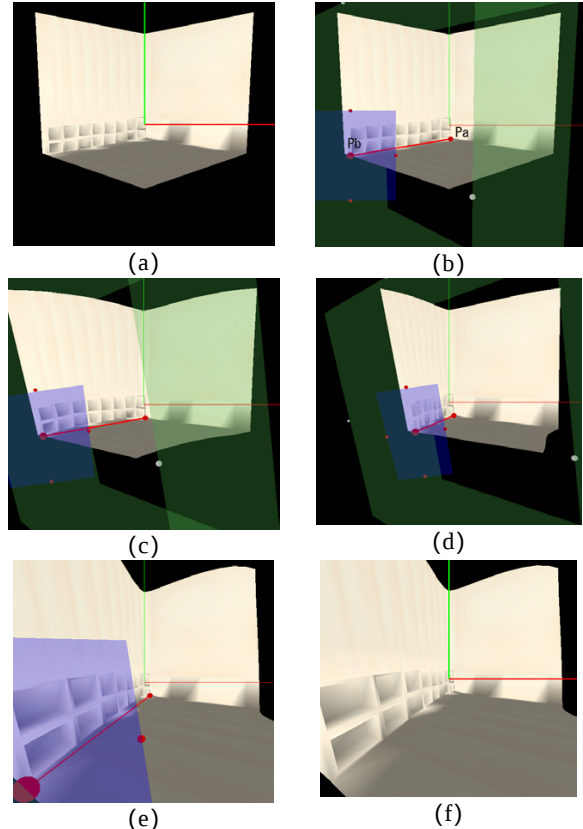


図6: 投影操作の例

5. まとめと今後の課題

カメラパラメータ場を用いることで、投影面上で局所的な視点を操作し、非透視投影を実現する方法、および、カメラパラメータ場を定義するツールを提案した。

今後の課題として、非透視投影に基づいた自己交差の起こらない変形方法、および、アニメーションへの対応が挙げられる。

参考文献

- [1]S. Takahashi et al., "Modeling Surperspective Projection of Landscapes for Geographical Guide-map Generation", Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 3, pp.259-268, 2002
- [2]P. Coleman et al., "RYAN: Rendering Your Animation Nonlinearly Projected", pp.129-138, NPAR, 2004