

点光源によるバンプマップ面上への影付け法

6B-5

角 浩一 乃万 司

九州工業大学 情報工学部

1 はじめに

光線追跡法[1]は、陰影、反射、屈折を統一的に扱う代表的な手法であり、点光源による影は、「光線と物体との交点と点光源とを結ぶ線分が他の物体と交差するとその点の輝度にその光源からの寄与を加えない」という規則で求められる。このようにして得られる影表現は、ラジオシティ法などに比べ一種の自然さでは劣るものの、表現上の力強さという特徴がある。

一方、バンプマッピング[1]は、微小な表面形状を表現する為に、実際に表面の形を変えるのではなく、凹凸に応じて法線ベクトルのみを変化させる手法である。これによって、視覚的に表面の凹凸感が得られる。

しかし、光線追跡法において、バンプマッピングで凹凸が表現された面上に、点光源からの物体の影を映すと、表面の凹凸感をまったく反映せず、影が浮いたように見える。これは、表面形状自体を考慮していないため、面上の交点と光源との間の線分は、凹凸のない場合と変わらないからである。この場合、表面形状を直接考慮した交点計算を行えばよいが、これでは一般に計算コストがかかりすぎる。

そこで本研究では、光線追跡法において、バンプマップされた面上の影付けを、表面形状を考慮しつつ少ない計算コストで行う手法を提案する。

2 微小な表面形状の影への影響

一般に、微小な表面形状が影に与える影響は、次の2種類に分類できる。

1. 微小な表面形状の凹凸が、同じ面の近くの部分に影を落とす場合。
2. 微小な表面形状が、他の物体の影を変形させる場合。

このうち前者については、Max[2]が表にもとづく手法を提案しているが、本研究で取り上げている後者については、良い解決法が知られていない。一つの方法として、displacement mapping[3]を考えることができるが、光線追跡法においては、微小な表面形状を含めた物体と光線との交点を求めることと一致し、簡単化にはならない。

3 手法の提案

上記の2の場合に対し、少ない計算コストで表面形状の影響を計算するために、我々は局所的な情報で近傍の状況を推定することが適当であろうと考え、次の手法を提案する。

- (1) 表面形状を考慮せずに交点計算を行う。

- (2) 影計算、すなわち面上の交点と光源とを結ぶ線分と他の物体との交差判定の際には、局所的な表面形状データを用いて近似的に交点を求め、その交点によって影計算を行う。

上記の手法では、交点計算時に表面形状を直接考慮しないため、計算コストの面では従来の手法とほとんど変わりなく、しかも、近似的な表面形状データによりずらした交点によって影付けを行うため、あたかも交点計算に表面形状を直接考慮したかのような影が得られることが期待される。

4 表面形状の近似

局所的なデータから近傍の形状を推定するために、Taylor展開を用いて最初に得られた交点の近傍の面の形状を推定し、その推定された面と光線との交点を求めることにする。

ただし、次数をあまり高くしても、計算コストがかかり、また、あくまで近似計算であるので、それほど効果が上がることも考えられない。そこで、0次、1次および2次の近似について議論する。以下で、面を平面とし1次近似を行う場合を例に、その原理を説明する(図1)。但し、図1は説明のため2次元的な図となっている。

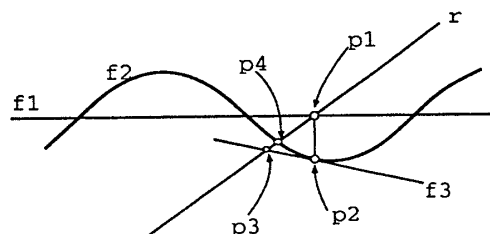


図1. 交点計算の方法

まず、光線 r と微小形状を考慮していない平面 $f1$ との交点 $p1$ を求め、その点における起伏を求める。求めた起伏分だけ、平面の法線方向にずらした点 $p2$ において、微小形状を持つ面 $f2$ に接する平面 $f3$ を考える。その平面と光線 r との交点 $p3$ を新たな交点とすると、これは真の交点 $p4$ を近似しているといえる。

なお、0次近似の場合の面 $f3$ は、面 $f1$ に平行で点 $p2$ を含む平面となり、2次近似の場合の面 $f3$ は、点 $p2$ で2次導関数まで一致した2次曲面となる。

ここで、与えられた表面形状の記述は関数(式)の形で与えられることもあるが、観測データなどの離散的なデータで与えられる場合も多い。このような場合は、差分によって微分値を近似する。

5 実験とその評価

それぞれの近似の次数について、立方体の影をバンプ・マップされた平面上に映す実験を行い、表面形状を考慮しない場合との比較を行った。起伏のデータとしては、2次元の濃淡画像データを使用した。

まず、図2にバンプマッピングのみを適用した画像を示す。バンプマッピングによって、面の表面には凹凸感があるが、影は凹凸とは無関係に生成されており不自然である。

そこで、0次、1次および2次の近似を用いた例を、それぞれ図3、図4および図5に示す。表面の凹凸感に応じた影がおおよそ得られている。これら3つの画像については、2次の場合がやや優れているものの大きな差は認められない。

計算コストの面からいうと0次の近似が有利であり、影の形状も他の場合とさほど変わらない品質を得ている。したがって、近似の次数は0次で十分であるといえる。

6 曲面へのマッピング

バンプマップされた曲面上に影が落ちる場合も、平面への影付けの場合と同様に影の生成を行うことができる。

例えば、0次近似の場合、曲面から交点における起伏分の距離にあるオフセット面に対して、光線との交点計算を行い、新たな交点を求める。このオフセット面の形状は、微小形状を考慮していない面の形状と一致する。例えば、平面の場合ならオフセット面も平面、球の場合ならオフセット面も球となる。また、起伏に対して面の曲率が十分に小さければ、オフセット面として常に平面を用いても問題はない。

7 むすび

本研究では、光線追跡法において、バンプマップされた面上に映る影に、面上の微小形状を反映させる手法を提案した。この手法は、起伏の大きな場合などは適用が困難であるが、影を通して微小な表面の凹凸感を高める有効な手法であると考えられる。

今後は、Max[2]が扱った自分自身への影を組み合わせ、より自然な影画像を得ることを試みる。

謝辞

日頃より御指導、御討論をいただいている九州工業大学情報工学部岡田直之教授に感謝致します。

参考文献

- [1] Foley, van Dam, Feiner, Hughes: *Computer Graphics: Principles and Practice*, 2nd ed., Addison-Wesley, 1990.
- [2] Max: Shadows for Bump-Mapped Surfaces, in: Kunii (ed.), *Advanced Computer Graphics*, Springer-Verlag, pp. 145-156, 1986.
- [3] Cook: Shade Trees, *Comput. Graph.*, vol. 18, no. 3, pp. 223-231, 1984.

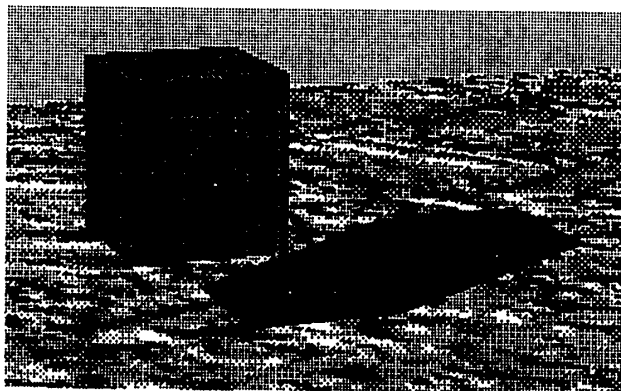


図2. バンプマッピングのみ

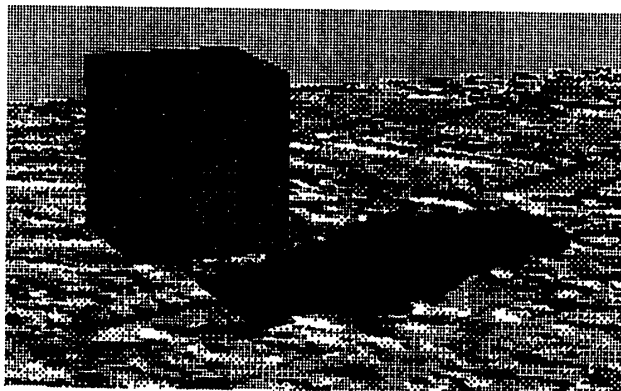


図3. 0次近似

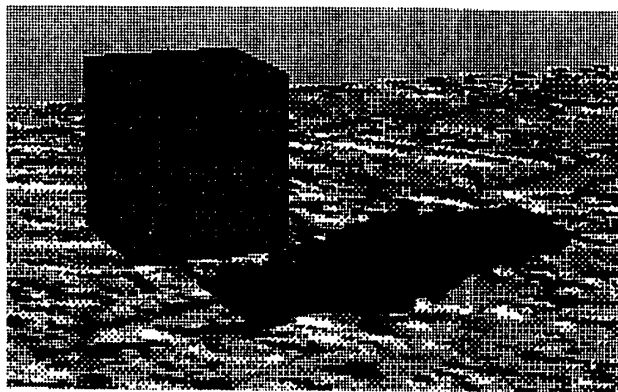


図4. 1次近似

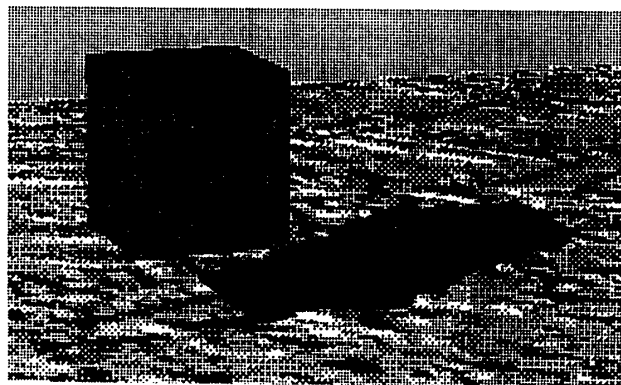


図5. 2次近似