

非直角のトリックを用いた 不可能立体のモデリングインタフェースの検討

赤平 かなえ[†] 松田 浩一[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

不可能立体とは、構造的に矛盾があるにも関わらず、立体として存在しているように見える立体を指す。杉原は、様々な不可能立体を作成し、展開図を示した^[1]。その展開図を組み立て、特定の角度から立体を見ることで、誰でも不可能立体を実際に作成し、見ることができる。理論的に不可能立体を設計することは可能であるが、そのためには、理論を理解することとデザインを含めたセンスが必要である。したがって、設計から立体ができるまで、試行錯誤や多くの計算が必要となる。

そのため、不可能立体を容易に作成するための研究が行われている。杜らは、非直角のトリックに着目し、床に柱を自由に設置し、不可能立体を容易に作成できるシステムを提案した^[2]。

杜らの提案システム^[2]では、床に柱を設置することしかできず、平面上における柱の配置位置の変更および柱の変形による自由度しかない。そのため、筆者らは、床と壁（2面）への柱の配置を可能にする立体配置の計算方法を提案した^[3]。

本研究では、先行研究^[3]における不可能立体の配置・操作における制約条件を整理し、文献^{[2][3]}に共通で適用可能な不可能立体のモデリングインタフェースについて検討する。提案手法によって、複数の方向に設置された個々の柱の変形を、それぞれパラメータ一つによる制御を可能とする。

2. 頂点座標の計算方法^[3]

不可能立体として成立させるためには、ある視点から見たときの形状を変えずに実際の形状を変化させる必要がある。先行研究^{[2][3]}では、視点と頂点の位置関係から変形後の形状を求めている。具体的には、 x 軸、 y 軸、 z 軸、それぞれの方向に伸びた柱を空間内に配置し、その前後関係を入れ替えることにより不可能立体を作成

する。以下では、 y 軸方向に伸びた柱を例にアルゴリズムを述べる。

ある直方体を視点 S から見たとき、任意の頂点 X が、視点 S と頂点 X の延長線上にあれば、頂点 X が移動したとしても、実際の形状は変形しているものの、視点位置からは直方体であるように見える。

変形前の直方体の各頂点の座標について、直方体の上面の各頂点を $ABCD$ 、下面の各頂点を $EFGH$ とする（図 1）。直方体の変形後の座標は、視点 S から頂点 $EFGH$ を通る延長線上に存在する。それぞれの頂点に対応する変形後の頂点を $E' F' G' H'$ とすると、 $E' F' G' H'$ は、立体の平面からの角度が定めれば一意に決定できる。

x 軸、 z 軸方向についても計算方法を定義することにより、さまざまな方向に伸びた直方体の前後関係を入れ替える処理を可能にする。

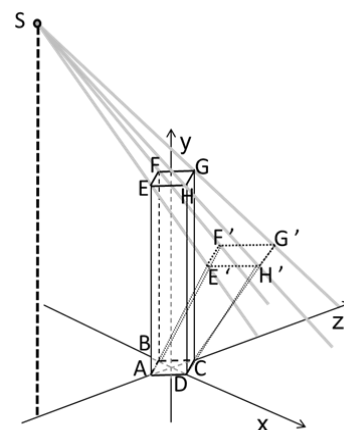


図 1 y 軸方向に伸びた直方体の座標系および座標設定

3. 制約条件の検討

頂点座標の計算において制約を全く設けない場合、座標の位置は、視点と任意の頂点の延長線上にあればよいので解は無数に存在する。しかし、不可能立体として成立させ、かつ、入力インタフェースを簡便にするため、以下のような制約条件を設ける。(1) 頂点の位置関係を維持

An investigation of Modeling Interface for Impossible Objects

Kanae Akahira[†], Koichi Matsuda[†]

[†]Iwate Prefecture University Faculty of Software and Information Science

し、ねじれ等が発生しないこと、(2) 少ないパラメータで形状が制御可能であること。上記の条件を満たすため、以下の三つの条件設定によって実現する。(a) 辺を単位として変形計算を行う、(b) 辺の一方を固定点とし、他方を動かす、(c) 動かす角度は、一つの立体に対して同一の角度のみを使用する。

上記の条件から、以下のような不可能立体の変形アルゴリズムを提案する。以下では、図1の頂点Eを変形後の頂点E'へ移動する過程を例として用いる(図2)。

- (I) 辺AEにおいて、頂点Aを固定点とし、頂点Eを動かすとする
- (II) 視点Sおよび頂点AEの3点をyz平面上に投影し、yz平面上において設定値 α を角度としてE'の位置を求める
- (III) 入力デバイスから設定値 α を増減させる操作を行いE'の位置を変更する

以上の計算を、他の辺についても適用することで、制約条件を満たしながら立体の変形を行うことができる。このとき、各辺における固定点は、全て同一平面上に乗っている側とする。

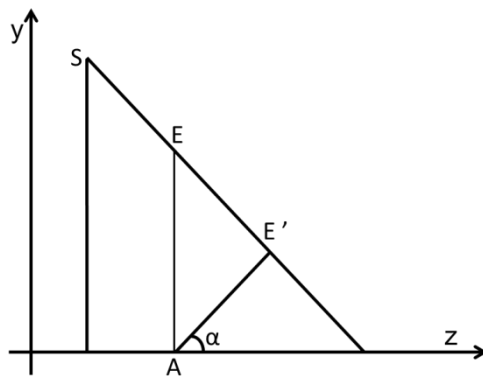


図2 座標計算のイメージ図

4. 実行結果

3軸方向へ設置している立体の例として十字と正方枠の組み合わせさせた立体を作成した(図3)。図3(左)では、奥にあるはずの十字型の柱(上部の斜めの柱、下部の縦の柱)が正方枠より手前にあり、手前にあるはずの受持型の柱(上部の縦の柱、下部の斜めの柱)が正方枠より奥に見える。しかし、図3(右)の別視点では、十字型の柱が正方枠の前後で斜めに倒れていることが分かる。



図3 十字型と正方枠(左) & 種明し(右)

また、立方体のような形の立体(図4)を作成した。図4(左)では、立方体の奥の辺が手前に見える。しかし、図4(右)の別視点では、実際の立体形状は、上部の奥の辺が手前に飛び出ているような形になっていることが分かる。

これらの立体は、3軸方向に伸びた立体を初期状態とし、任意の柱に対し、視点方向・逆方向に対話的に変形して作成した。

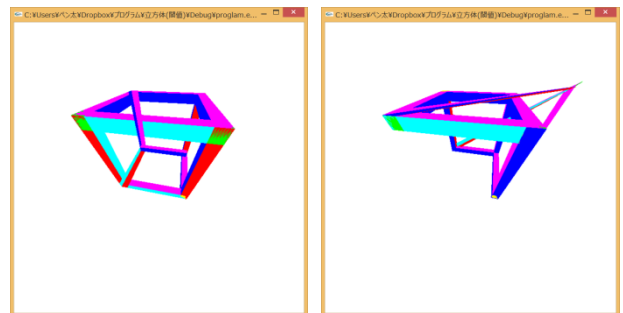


図4 立方体のような形(左) & 種明し(右)

4. おわりに

本稿では、非直角のトリックを用いた不可能立体のモデリングインタフェースについて検討した。提案手法により、一つのパラメータのみで立体を対話的に変形させることが可能となった。また、縦方向の立体のみならず、横方向や奥行き方向の立体に対しても、同じように立体の変形を容易に行うことを可能とした。

- [1] 杉原厚吉:へんな立体, 誠文堂新光社(2007).
- [2] 杜紹春, 松田浩一:非直角のトリックを用いた不可能立体の3次元モデル作成システム, 電子情報通信学会HCGシンポジウム, IV-2-5(2012).
- [3] 赤平かなえ, 松田浩一:3軸方向へ配置可能な不可能立体の作成手法, 日本図学会秋季大会学術講演論文集, pp 127-130(2015).