

1. 目的

子供の空間認識能力は、適切な経験や訓練を一定の学習に基づいて与えることにより、年齢的に早い段階で空間概念が獲得できることが認められている。藤吉研究室では、空間認識能力の発育を促す教育ソフトとして、3D パーツを組み立てる「クミタテ Zoo」を試作している。本研究では、クミタテ Zoo におけるキャラクターモデルの作成と操作性、処理速度の向上を目的とする。

2. ユーザによる 3D モデル作成

3D データの構造 クミタテ Zoo では、3D モデルを容易に表現できる空間分割モデルを用いている。3次元空間をモデルの全移動空間と置き換え、この空間全体を小さな単位立方体（ボクセル）に分割する。表現対象の物体がこのボクセルを占めるかどうかによって、0（移動可能空間）、1（物体頭部）、2（物体体部）、3（物体尾部）の4値情報で表現する。これらの4値情報を各ボクセルの座標 (i, j, k) が配列要素となる3次元配列 $V_{i,j,k}$ にあてはめ、これを3Dモデルデータとして扱う。

モデル作成方法 3D モデルの作成方法は、複雑な図形でも作成しやすく、完成形のイメージが描きやすい点から3面図を用いる。3面図に図形を描くと、対応した3Dモデルが生成される（図1参照）。その際に、動物3Dモデルの頭、胴体、尻尾のパーツを指定し、生成された3Dモデルはボクセル空間を表現する3次元配列 $V_{i,j,k}$ に展開され保持される。

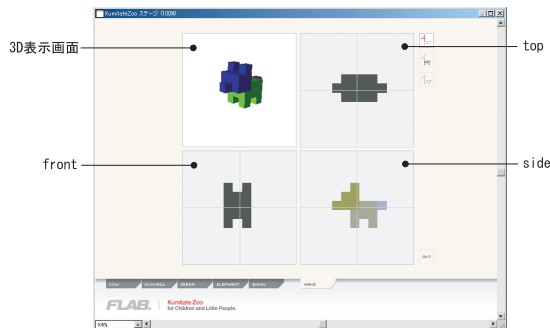


図1 3Dモデル作成の画面

3面図の問題点と改善 単純な3面図では、表現できない図形がある。図2(a)の三面図を立体化すると、(b)の図形になるが、(c)の三面図は(a)と同じである。

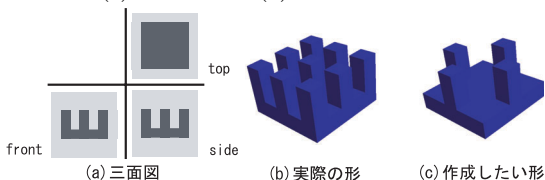


図2 3面図の欠点

この対処法として、3D表示画面をマウスクリックすると、そのクリック点を通り画像平面に垂直に交わる直線が衝突するモデル平面を求め、その平面を構成するボクセルを削除する。これにより、ほぼ全ての図形を表現することが可能となる。

3. 処理速度の向上

動物モデルの移動操作における各パーツの衝突判定は、3次元配列 $V_{i,j,k}$ のラスタ走査を行うため、計算量が多い。また、モデル表示の際に空間分割モデルを使用しているため、モデル形成に必要な無い内側のボクセルを表示するという問題がある。この問題の対処法として、空洞化とサーフェス化について検討する。

空洞化 空洞化の手順を以下に示す。

1. 3次元配列 $V_{i,j,k}$ をラスタ走査し、0以外の i, j, k に対し2の処理を施す
2. i, j, k の上下、左右、前後の6近傍を参照し、次式により $V_{i,j,k}$ を更新する

$$V_{i,j,k} = \begin{cases} V_{i,j,k} & : \text{一つでも0がある} \\ 0 & : \text{全てが } V_{i,j,k} \text{ の値と同じである} \end{cases}$$

これにより、判定に必要な表面ボクセルを得る事が可能となる。

サーフェス化 従来ボクセルのサーフェス化には、Marching Cubes 法などの方法が提案されている。しかし、本システムでは、モデル表示に斜面や曲面の表現を必要としないため、単純な長方形の集合体としてサーフェス化を行う。図3に示すようにモデル表面から長方形を求め、各長方形の頂点から三角パッチを作成する。これを、モデル表示に必要な全ての表面において行う。

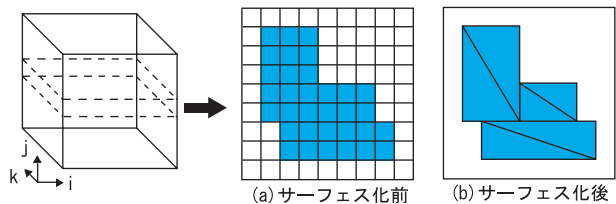


図3 サーフェス化による変化

対象とする動物モデルに、空洞化、サーフェス化処理を施した際の三角パッチ数を表1に示す。各処理により、表示する三角パッチ数を減少させることで、操作時における表示速度 30[fps] を可能にした。

表1: 三角パッチ数の比較

動物名	空洞化前 [枚]	空洞化後 [枚]	サーフェス化 [枚]
カモノハシ	14796	6804	242
シマウマ	14760	8304	260
バイソン	44376	15636	254
ウシ	44724	16512	474
ゾウ	71016	21516	256

4. 操作性の向上

三次元モデルの移動操作を画面上の二次元操作（マウス）で行うには限界があり、ユーザの意図する操作が困難である。本システムでは、この問題に対して動物3Dモデルにリンクした3D移動ボタンを用いる（図4参照）。カメラスライダにより動物3Dモデルを回転させると、それに合わせて3D移動ボタンも回転する。これにより、マウスのみでユーザの意図する移動を指定できるようになった。

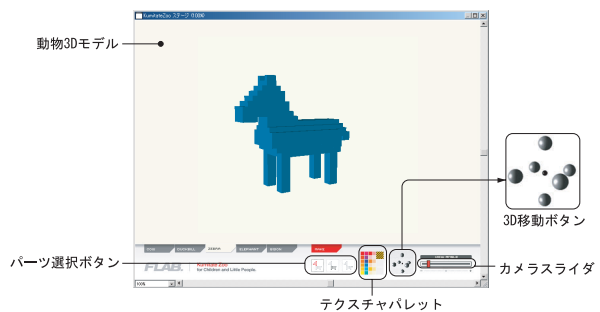


図4 実際の画像

5. まとめ

本研究ではクミタテ Zoo における操作性と処理速度の向上について検討し、その有効性を確認した。今後は、幼児による本システムの有効性を評価をする必要がある。クミタテ Zoo は <http://www.vision.cs.chubu.ac.jp/KumitateZoo/> で参照できる。