

# 仮想空間における缶アート制作シミュレーションシステム Simulation System for Virtual Can Construction

高橋 和茂†  
Kazushige Takahashi

高井 昌彰‡  
Yoshiaki Takai

高井 那美‡  
Nami Takai

## 1. はじめに

近年、食品や飲料の空き缶リユースの一環として、また芸術作品の一種として、缶をタイル状に配置した絵画や空間的に配置したオブジェなどの缶アート作品の制作が盛んである。しかし、缶アートの制作には缶の空間配置や缶ラベルの色合わせなどを事前に十分検討しておく必要がある。また、缶の数の見積もりに応じて実際に大量の缶と十分広い制作場所を用意する必要があり、創作活動の敷居を高くしている。

そこで、本研究では立体的なオブジェ作品を対象とし、テクスチャ付き 3D ポリゴンモデルデータを入力として与え、これを缶アートで近似表現した 3D モデルを仮想空間内に自動生成する、缶アート制作のシミュレーションシステムの開発を目的とした。

## 2. 缶ボクセル変換

### 2.1 缶ボクセルと缶ボクセル変換

缶アート構築において、缶アートを構成する単位缶及びその 3D モデルデータを本研究では缶ボクセルと定義する。

本システムにはあらかじめ缶ボクセルのいくつかのプリミティブが用意されており、プリミティブを組み合わせるにより仮想缶アートを構築する。各缶ボクセルのプリミティブは同一の円柱型で、円柱の高さと底面円の半径の比はすべて等しい。

また、入力した 3D ポリゴンモデルデータを缶アートで近似表現する変換を缶ボクセル変換と呼ぶ。

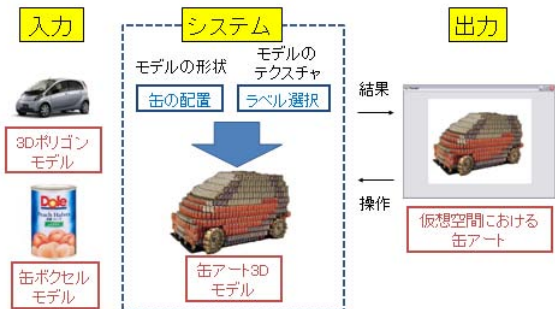
### 2.2 缶ボクセル変換の流れ

缶ボクセル変換の流れを Fig.1 に示す。

ユーザは一般的な 3D モデリングソフトによりテクスチャ付き 3D ポリゴンモデルデータを作成し、これをシステムに入力する。システムはモデル側面のキャプチャとモデル水平断面のクリッピングの後に自動生成機能呼び出すことで缶ボクセル変換を実行し、缶アート 3D モデルを生成する。結果は 3DCG で表示される。

### 2.3 缶の空間配置

入力した 3D ポリゴンモデルデータに一定高さ毎の水平断面のクリッピングを行い、クリッピングした各水平断面層画像に対し、境界追跡や特徴点抽出処理を行うことで、入力モデルの形状に沿って缶ボクセルを配置することができる[1]。



©三菱自動車工業株式会社  
©DOLE FOOD COMPANY INC.  
©Canstruction Inc.

Fig.1 缶ボクセル変換の流れ

### 2.4 配置安定性の判定

判定する対象缶ボクセルとその直下層に配置している缶ボクセルそれぞれの配置座標から、対象缶ボクセルに接している直下層の缶ボクセル(下層缶ボクセル集合  $l$ )を求め、 $l$ の個数  $|l|$  に応じた配置座標と缶ボクセル底面円の半径による幾何計算によって配置安定性の判定を行う[2]。

不安定と判定された缶ボクセルは、缶ボクセル同士の衝突がないよう配置座標を調整する。

### 2.5 缶ラベルの色合わせ

缶ラベルの色合わせ処理を Fig.2 に示す。

入力ポリゴンモデルの側面キャプチャ画像における対象缶ボクセルの部分画像、すなわち対象缶ボクセルに要

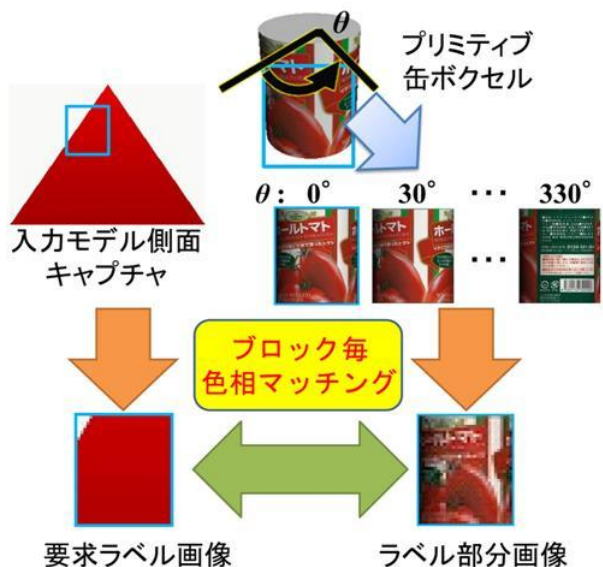


Fig.2 缶ラベルの色合わせ

†北海道大学大学院情報科学研究科, Graduate school of Information Science and Technology, Hokkaido University

‡北海道大学情報基盤センター, Information Initiative Center, Hokkaido University

‡北海道情報大学, Hokkaido Information University

求されるラベルの色合い画像(要求ラベル画像)を缶ボクセルの配置座標から計算する。また各プリミティブ缶ボクセルに対し鉛直方向を軸とする回転を行いながら側面部のキャプチャを行うことで、ラベルと回転角度毎のラベル部分画像を生成する。

要求ラベル画像とラベル部分画像それぞれを同一個数のブロックに分割し、同位置ブロックの代表色の中で色相マッチングを行うことで対象缶ボクセルに適用するラベルと回転角度を決定する。

### 3. システムの実装と実行結果

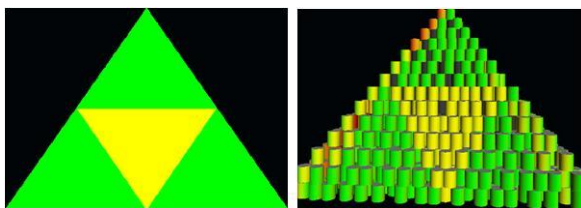
缶ラベルの色合わせ処理を評価するため、幾つかのテクスチャ付き 3D ポリゴンモデルデータを本システムに入力し、缶アート 3D モデルを自動生成した。その結果を Fig.3 に示す。また使用した缶ボクセルのプリミティブを Fig.4 に示す。

Fig.3(a)(b)ともに、正四角錐形状の入力モデルであり、側面の色合いをそれぞれ変化させている。Fig.3(a)は緑色の面の内部に黄色の面が存在しており、Fig.3(b)は上部が赤色、下部が黄色で、その中間は赤から黄へのグラデーションになっている。使用缶ボクセルは赤から黄へのグラデーション、緑から黄へのグラデーション、モデル内部と判定された缶ボクセル用の黒いラベルの計3種類である。

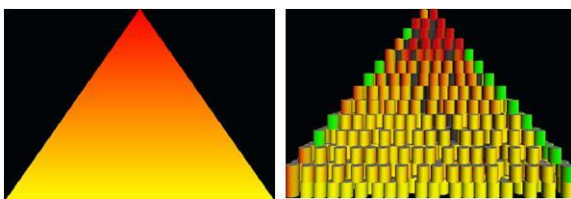
Fig.3の結果から、入力モデルの形状ならびに表面の色は概ね正確に再現できていることがわかる。

しかし、異なる色の面との境界((a)(b)の三角形の面における左右の辺)上では色合わせが十分行われていないことがわかる。これは、缶ラベルの色合わせを側面ごとに独立して行っていることが原因であると考えられる。この問題は、複数の側面からの色合わせの重ねあわせにより最適なラベルを決定することにより解決可能である。

また、面内部において幾つか黒いラベルの缶ボクセルを確認することができる。これは、缶ボクセルが出力缶アートの表面に位置するかどうかの判定が完全ではないためと考えられる。缶ボクセルがどの面から視認できるかを十分に考慮した判定方法を用いることにより解決可能である。



(a)正四角錐 A(2色混合面)



(b)正四角錐 B(グラデーション面)

Fig.3 入力モデル(左)と自動生成の実行結果(右)

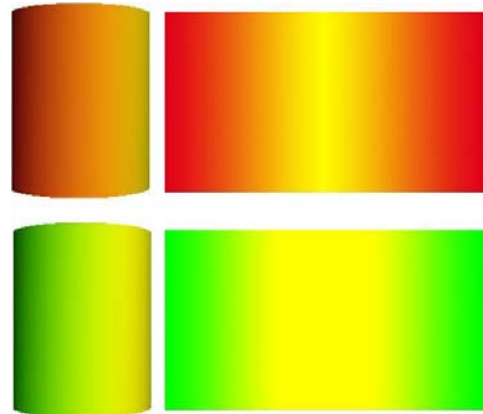


Fig.4 使用缶ボクセル(左)とその缶ラベル(右)

なお本システムの実装は、開発言語に C#を、3DCG の描画ライブラリに OpenGL[3]、C#から OpenGLを呼び出すためのラッパーライブラリに GLSharp[4]を使用した。また、CPU : Intel Xeon E5540 2.53GHz, RAM : 6.0GB, OS : Windows 7 Professional x64, GPU : NVIDIA Quadro FX 580 の PC 上で本システムを実装・実行した。

### 4. まとめと今後の課題

本稿ではテクスチャ付き 3D ポリゴンモデルデータから、モデルの形状と表面の色合いを推定し、配置の安定性を考慮しながら缶アートで近似表現した 3D モデルを仮想空間内に自動生成する缶アート制作シミュレーションシステムについて述べた。

今後の課題として、缶ボクセル変換の精度向上や、物理エンジンを利用した仮想缶アートのシミュレーション機能向上が挙げられる。

また、システムが自動生成した 3D モデルと同様の缶アートを実際に構築する際の支援といった応用が考えられる。

### 参考文献

- [1] 高橋和茂, 高井昌彰, 高井那美: "仮想空間における缶アート制作支援システム", FIT2010, I-042, 第3分冊 pp.339-340, 2010.
- [2] 高橋和茂, 高井昌彰, 高井那美: "テクスチャ付きポリゴンモデルからの缶アート生成支援システム", 情報処理学会第73回全国大会, 6Z-3, 2011.
- [3] OpenGL プログラミングガイド 原著第5版, 松田晃一訳, ピアソン・エデュケーション, 2006.
- [4] GLSharp - C# OpenGL class library, [http://sky.geocities.jp/freakish\\_osprey/](http://sky.geocities.jp/freakish_osprey/)