

## レゴブロックを用いた影のトリックアート構築システムに関する研究

## LEGO Block Modeling System to Make a Trick Artwork Using Shadows

生田 寛和†

高井 昌彰‡

Hirokazu Ikuta

Yoshiaki Takai

## 1. はじめに

芸術作品の一つに影を用いたトリックアートがある。この作品はその立体形状を見ても、それがどのようなものか容易に判別できないが、ある方向から作品に光をあて、背景に影をつくることによって、意味のある様々な形状を映し出すものである[1]。

本研究では、目標とする異なる複数の影画像を入力として与え、これを基に実際にレゴブロックを用いて立体造形可能な3Dモデルを出力するシステムを開発した。この3Dモデルに対していくつかの方向から光を当てることにより、目標とする影を映し出すトリックアートとなる。

ブロック配置の最適化には、レゴブロックの連結性を考慮した焼きなまし法を適用し、異なる4方向からの影画像生成に対応可能である。本システムにより実際に構築したレゴブロック作品をもとに、システムの有効性や形状再現性について評価する。

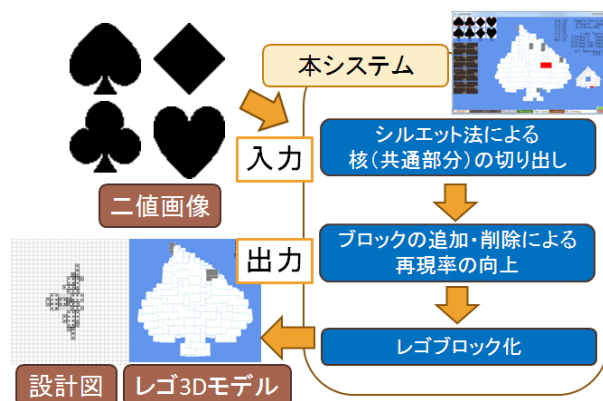


Fig1. システムの構成

## 2. システムの構成

本システムの全体の構成を Fig.1 に示す。ユーザは入力として複数の二値画像データと、3Dモデルの大きさ(ブロックの解像度)を与える。システムは与えられた二値画像の枚数から光源の位置を最も干渉が少なくなるよう自動設定し、球の初期形状で構成された3Dモデルに対しシルエット法を適用する。その後、3Dモデルのブロック配置の最適化を行い、レゴブロック化の処理を行う。得られたレゴブロック3Dモデルの設計図(層毎のレイアウト図)を出力することが可能であり、ユーザは設計図を参照して実際にレゴブロックのトリックアート作品を制作することが出来る。

光源の設定位置は、シルエット法を適用する前にユーザが任意の位置に調整することも可能である。

## 2.1 シルエット法の適用

本システムでは、はじめにレゴブロックの1×1ブロックを単位とした球で構成される3Dモデルに対して光源の位置からシルエット法を適用する。これによって得られる3Dモデルは与えられた全二値画像の共通部分となっているため、この3Dモデルを探索の出発点としてブロックの追加・削除を行い、ブロック配置の最適化を進める。

Fig.2 はシルエット法を適用した初期段階の結果を示している。図の右上のアルファベット(A,B,C,D)は入力として与えられた二値画像であり、右下は3Dモデルから得られた影のイメージである。

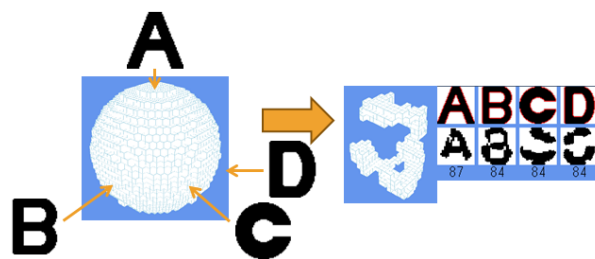


Fig.2 シルエット法の適用

## 2.2 ブロック配置の最適化

シルエット法で得られた3Dモデルに対して、レゴブロックの1×1ブロックに相当する大きさのブロックを単位とした追加・削除を繰り返し行うことで、モデルの影を入力画像に近づけていく。

本システムでは得られた影と入力画像がどの程度相似であるかを評価するため、再現率(0~100の範囲を有する)を定義した。この再現率はテンプレートマッチングに基づいており、画像のエッジ部分のマッチングを重視するとともに、画像の枠外にブロックが置かれる場合のペナルティを考慮している。各画像の再現率の積をモデル全体の再現率とし、この値が高まるようにモデルに対してブロックの追加・削除を繰り返す。

ブロックの配置場所の探索においてはブロックの連結性を考慮し、各ブロックに六方向で隣接している部分を追加可能な場所、削除してもブロックが空間に孤立しない部分を削除可能な場所し、これを近傍とみなした探索問題として再現率が最も高くなるよう最適化を行う。最適化手法には山登り法と、焼きなまし法を用意した。焼きなまし法のパラメータは更新回数を500、初期温度を1とし、更新ごとに係数0.996を温度に乗じてアニーリングを行う。

†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

### 2.3. レゴブロック化

最適化された3Dモデルはレゴブロックの1×1サイズを基本として構築されているので、実際のトリックアート作品を組み立てるには様々な形状のレゴブロックを用いた形に変換する必要がある。本研究では最も一般的である1×1, 1×2, 1×3, 2×2, 2×3, 2×4の6種類を扱う。

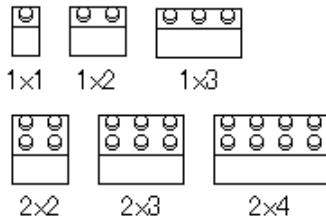


Fig.3 レゴブロックの種類

本システムは、3Dモデルをレゴブロック化する研究[2]の手法を元に、出来るだけ未接続部分が減少するようレゴブロックへの変換と連結判定を行う。この際、未接続部分と3Dモデルが二つ以上のクラスターに大きく分かれてしまう場合には、これらを色分けによって可視化をし、作品の組み立て作業を視覚的に支援する。



Fig.4 未接続部分とクラスター毎の色分け

### 3. 実装と実行結果

本システムを評価するために、いくつかの二値画像群を与えてモデルを生成すると共に、実際にレゴブロックを用いて本システムによって得られたトリックアート作品を構築した。その結果を Fig.5, Fig.6, Fig.7, に示す。

Fig.5では(a)トランプのスイート, (b)アルファベットのフォント形状を入力として与えている。どちらの場合でも概ね類似した影画像が得られている。各影画像の下に示される数値は再現率である。Fig.5(b)は与えられた画像がやや複雑であるためか、3Dモデルが二つのクラスターに分割されている。

Fig.6は Fig.5(a)を実際のレゴブロックで構築したものである。使用したブロック数は556個である(大きさは18層で17.25cm, 組み立て作業時間3時間)。このレゴブロックの立体形状を見てもどのような影を映し出すかは容易に判別できない。

このレゴブロックのオブジェに対し4方向から光を当てて得られた実際の影の様子を Fig.7に示す。4つの影がそれぞれトランプのスイートを表しているのが分かる。

本システムの開発言語にはC#, システム画面と3DCGの描画にXNA4.0[3]を使用した。また、CPU: Intel Xeon 5160 2.99GHz, RAM: 12.0GB, OS: Windows 7 Prof. x64のPC上に本システムを実装した。

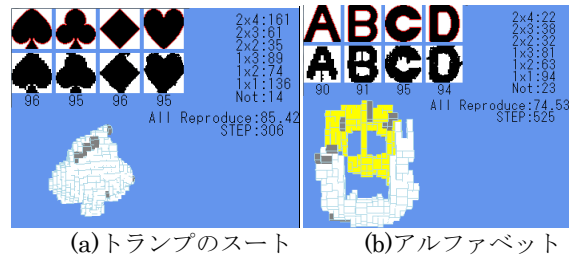


Fig.5 実行結果

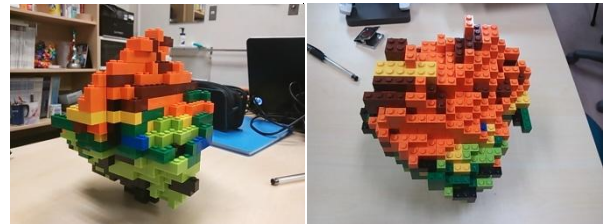


Fig.6 レゴブロックで構築したトリックアート

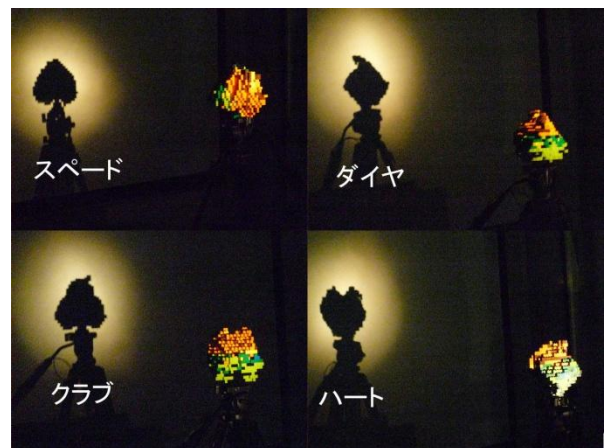


Fig.7. トリックアートが映し出す影

### 4. まとめと今後の課題

本稿では、光を当てることで目標とする複数の影画像を映し出すトリックアートの制作支援として、レゴブロックを用いて連結性を考慮したトリックアート制作システムを構築し、実際にレゴブロック作品を構築することで本システムの有効性を示した。

今後の課題としては、光源の位置調整による再現率の向上、レゴブロックの連結性を高める探索手法の追加が挙げられる。

### 参考文献

- [1] Tim Noble & Sue Webster - HE/SHE, (Diptych) 2004 [http://www.timnobleandsuewebster.com/he\\_she\\_2004.html](http://www.timnobleandsuewebster.com/he_she_2004.html)
- [2] 北川佑樹, 高井昌彰, “レゴブロックのための3次元近似形状組み立て支援システム”, 第11回情報科学技術フォーラム(FIT2012)論文集, I-038, Vol.1, pp335-336(2012)
- [3] XNA Developer Center <http://msdn.microsoft.com/en-us/aa937791.aspx>