


レゴ リュ ショ ン

E.M.  lution

— ひろがれ！ レゴの輪 —

みんなが (Everyone)
作る (Make)
LEGO[®]の革命 (LEGOlution)

※レゴブロックはLEGO社の登録商標です。



はじめに

LEGOブロックはユーザの**想像力**を広げ、**作ることの楽しさ**を教えてくれる玩具です。玩具と言っても、子供向けであるとは限りません。LEGOで作ったロボットを競い合う**世界的な大会**があるなど、**年齢**や**国籍**を問わず多くの人々に親しまれています。

組み合わせ次第で様々なものが実現できるため、**身近にある物**や**興味のある物**を作ってみたいと思っているユーザは多いのではないのでしょうか。

しかしながら、**説明書無し**に**感覚**だけで作るのは簡単なことではありません。

そこで私達は、現実にある物体を**LEGOで作るため**の支援システムを提案します。

本システムは、回転台を回しながら、上に置いた物体を連続で撮影し、複数の画像データを元に**3Dモデル**を作ります。そして、3Dモデルを基に、LEGOブロックの組み合わせである『**LEGOモデル**』を生成します。

最終的に、LEGOモデルを**3D-CG**で可視化することで、ユーザは**直感的**に作り方を知ることができるのです。



対象者と独創的な点

<対象者>

- ・身近なものをLEGOでつくりたい人
- ・LEGOは好きだけど、思うようなものが作れない子どもたち
- ・LEGOで作ったもので子どもを驚かせたい・喜ばせたい人
- ・LEGOを通して子供と絆を深めたい大人の方々
- ・お店のディスプレイとしてLEGOを作りたい人

<独創的な点>

- ・実際にある物をLEGOモデルにする作り方を支援します。
- ・自分だけのオリジナル作品を作ることができます。
- ・本システム自体の多くも、LEGOブロックで構成されています。
- ・積み上がる様子を3D-CGで表現するので、直感的に作り方がわかります。



ハードウェアの構成

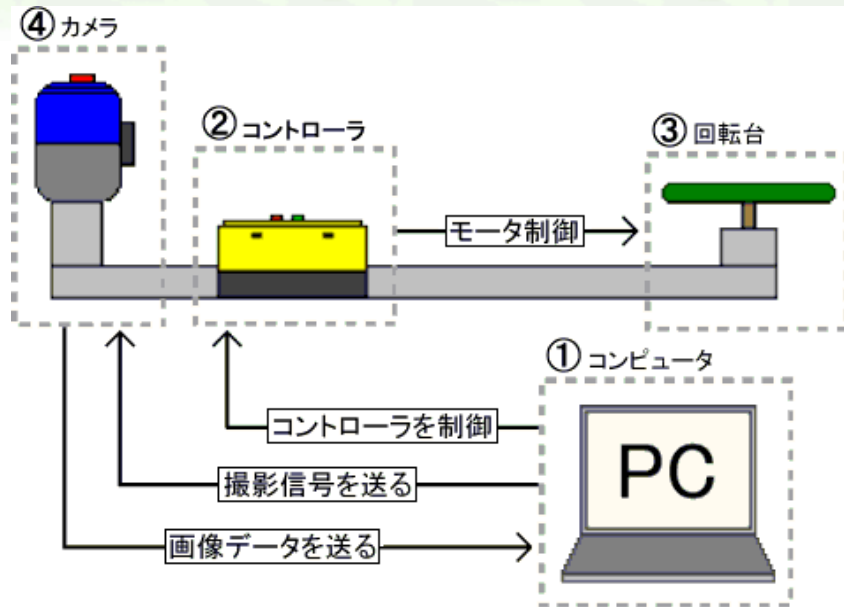


図1 ハードウェア構成図

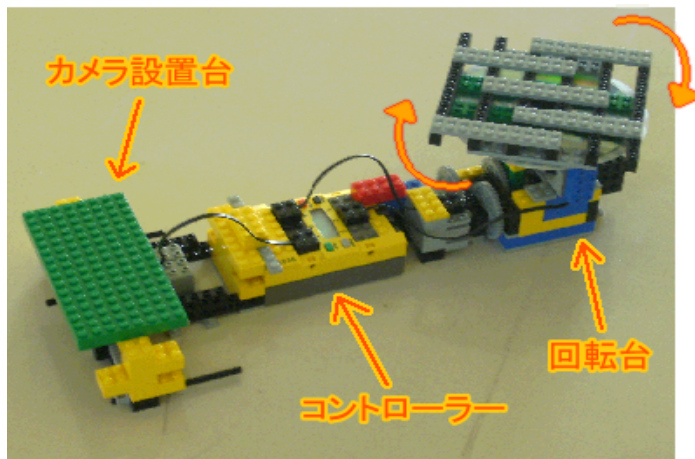


図2 対象物を置く回転台

①コンピュータ

取り込んだ画像から、カメラとコントローラを制御します。

②コントローラ (LEGO MINDSTORMS)

回転台を回すモータを制御します。

③回転台

物体を乗せて回転し、物体がカメラに写る角度を変えます。

④カメラ

物体の画像を撮影します。



図3 撮影画像の例

処理の流れ

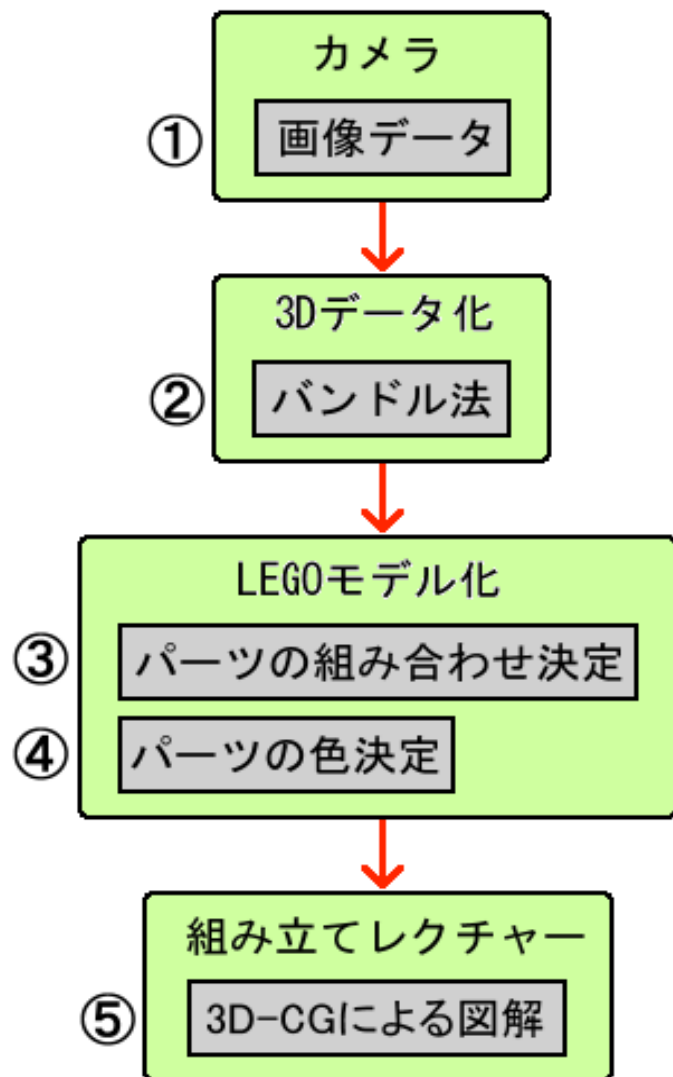


図4 処理の流れ

- ①回転台に乗せた物体を45°ずつ回転させた時の画像データ、計8個を取得します。
- ②**バンドル法**を用いて、複数の画像データから対象物体の形状データを生成します。
- ③**遺伝的アルゴリズム**を用いて、LEGOブロックの組み合わせを決定します。
- ④**元画像の色情報**を利用して各ブロックの色を決定します。
- ⑤完成したLEGOモデルを**3D-CG**によって実現し、ユーザに作り方をレクチャーします。



ブロックデータの記録方法

このシステムで作成されるLEGOブロックデータは、**3次元配列**として格納されています。ブロックが存在する配列要素には図5のような**番号**が割り振られています。各桁にはそれぞれ意味があり、左から1桁目はパーツの形状、2桁目はパーツの色、そして3~5桁目はパーツ番号となっています(表1・2 参照)。これにより、**どの色のブロックがどこに配置されるのか**を提示できます。この3次元配列をもとに、**3D-CG**で組み立て方を表示していきます。以降、パーツ番号の割り振り方を説明していきます。

2×3 緑のブロック



図5 配列要素の例

表1 パーツの形状

パーツの形状	
0xxxx~	2×2
1xxxx~	2×3
2xxxx~	2×4
3xxxx~	2×6
4xxxx~	2×8

表2 パーツの色

パーツの色	
x1xxx~	赤
x2xxx~	青
x3xxx~	緑
x4xxx~	黄
x5xxx~	白
x6xxx~	黒



バンドル法を用いた形状解析

バンドル法とは、物体の**輪郭線**から、ある高さでの**切断面**を求めるものです。

この切断面を積み重ねることで、物体の3次元データを構成します。

まず、カメラで45°ずつ角度をかえて物体を撮り、**輪郭(エッジ)**を取得します。次に切断面をとりたい高さで**仮想的な面**を二次元配列で用意し、図6のように物体の輪郭線を**投影**します。最後に、投影された輪郭線で**囲まれた範囲**の配列要素を**1**、それ以外は**0**として、図7のように**切断面**を表現します。

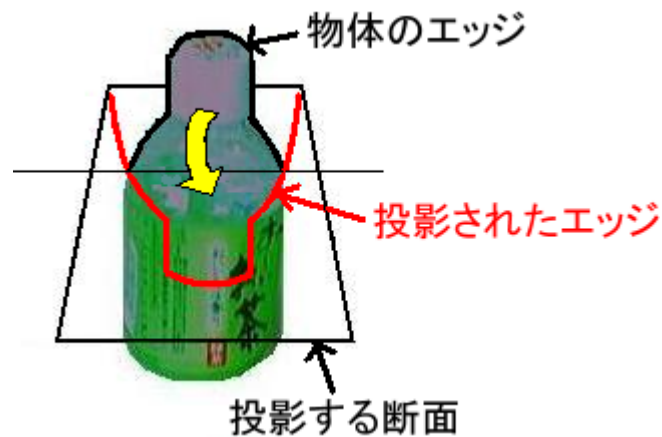


図6 輪郭線の投影

8回繰り返す

A blue arrow points from the diagram on the left to the diagram on the right, with the text '8回繰り返す' (Repeat 8 times) below it.

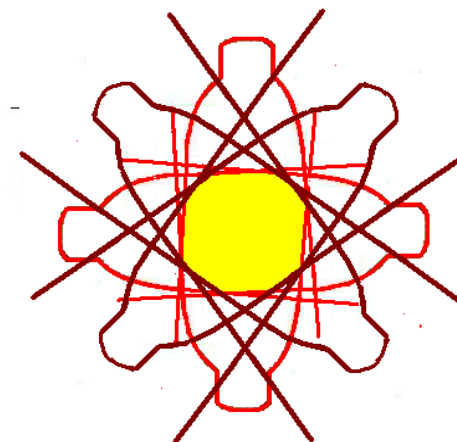


図7 切断面の抽出



三次元データの取得

バンドル法により得られた各切断面の2次元配列(図8)を、**3次元配列**にあてはめ、形状を表現します。まず、図9のように切断面を取った位置を**高さ**、2次元配列の縦を**奥行き**、そして横は**そのままの状態**で適応し、3次元配列に0と1の情報を挿入します。この作業を3次元配列の**全ての高さ**で行い、それぞれの高さの切断面を**重ねていく**ことで、**3次元データ**を実現します。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

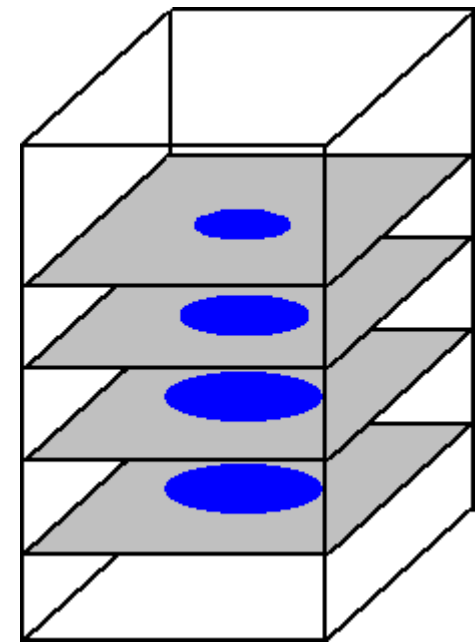
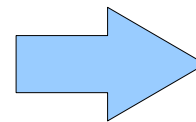
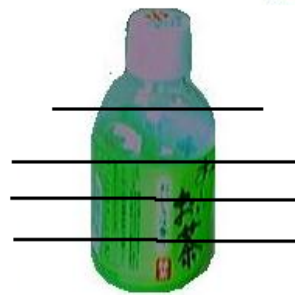


図8 各切断面の2次元配列

図9 3次元形状の取得



LEGOブロックの選択

3次元配列の断面にあたる、2次元配列を対象に**遺伝的アルゴリズム**を用いて、下から一段ずつブロックの配置を**最適化**していきます。

■初期集団の生成

ブロックの配置がランダムな20個の2次元配列を生成します。

■評価

『ブロックの総数が少ない』『空きスペースがない』『結合が強い(交差している箇所が多い)』 これらを実評価基準とし、全ての2次元配列を実評価します。

本システムにおける、**選択・交叉・変異**は以下のように行います。

■選択

低評価の子(2次元配列)を淘汰します。

■交叉

残った子から無造作に2つの親を選び、次世代の子を生成します。

■変異

低確率で、ランダムにパーツ番号を変化させます。



LEGOへの色づけ

LEGOへの色づけは、90°ずつ角度をかえて物体を撮影した**4枚**の画像を使用します。

- 1.このシステムで使用するLEGOブロックの色は**6色**(白、黒、赤、緑、青、黄)なので、画像の画素値が**色相環**のどの位置にあるのかを調べ、図.10のように振り分けます。その際、明度が一定値より暗い画素は黒、明るい画素は白にします。
- 2.色ごとに番号を決めた表をもとに、その番号を**配列要素に加えます**。
- 3.色情報を加えた4つの2次元配列を、角度をもとに**3次元配列の外表面**に投影し、色付けを実現します(図11)。同じ要素に**複数の色情報**が投影される場合は、**しめる色の割合**が最も多いものをそのブロックの色とします。

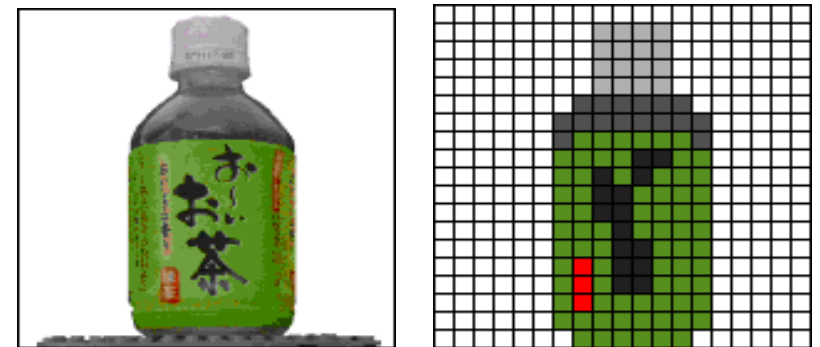
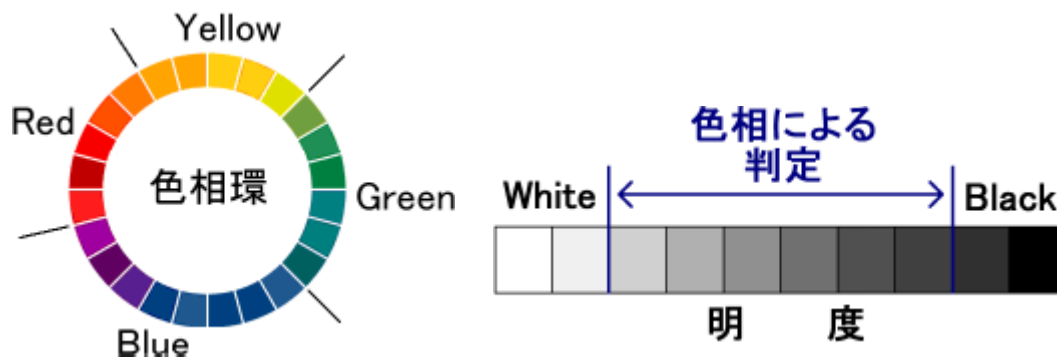


図11 外表面への投影



図10 色相環と明度によるブロックの決定

組み立て方の表示

組み立て方の表示は、**JAVA3D**を用いた**3D-CG**を作成します。

表示画面では、ブロックが上から落ちてきて、一段ずつ**積み上がるように**LEGOモデルが完成していきます。

ユーザは**表示される通りに**ブロックを積み上げるだけで、LEGOモデルが現実のものとなるのです。

紙の説明書には無い**動画**的な視覚効果により、中間図からブロックの配置を**推理**する必要が無く、純粹な『**作ることの楽しさ**』を知ることができます。

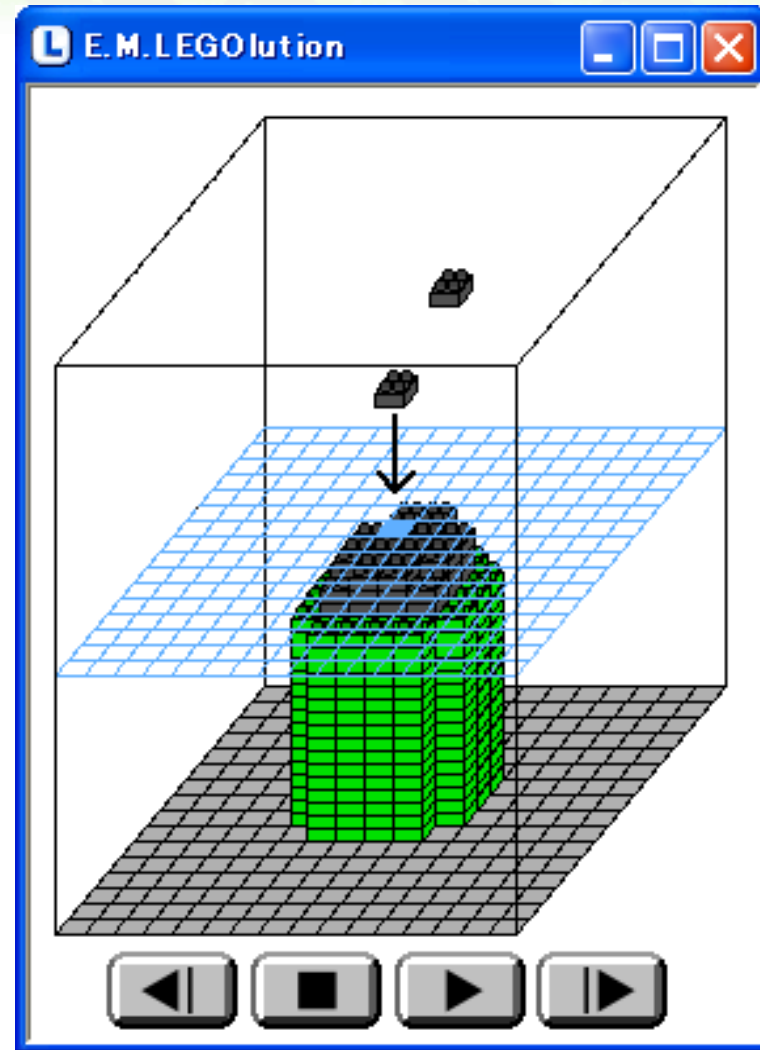


図12 作り方のレクチャー



開発環境と実行環境

<開発環境>

使用OS : Microsoft Windows XP

開発言語 : JAVA RCXコード

<実行環境>

使用ソフト : 『Robotics Invention System 2.0』(LEGO MINDSTORMS用)

<類似品>

『LEGO Digital Designer』(LEGOブロック組み立てシミュレータ)

『MLCAD』(LEGOブロックによるCAD)

<類似品との相違点>

上記二つは、**ゼロから作る**か、**ベースモデルをアレンジ**する設計ソフトです。そのため、作品を作るには、それなりの**設計技術**と**センス**が必要になります。本システムは、設計過程から組み立て方まで**全自動**でコンピュータに処理させるので、知識のない人でも**簡単に**扱うことができます。また、実物を自動でLEGOモデル化するのは、従来のソフトには無い**全く新しい機能**です。

