

# モバイル型 AR 玉転がし積木アプリケーション

山下和樹<sup>†1</sup> 岩月正見<sup>†1</sup>

近年の高性能なモバイル端末の普及に伴い、AR 技術を用いたアプリも身近に体験できるようになってきている。しかしこれらの AR アプリは仮想オブジェクトをカメラ画像に重畳させるだけの「一度見たら終わり」的なものが多かった。そこで著者らは以前に、キューブ型ターゲットに仮想ブロックを重畳させ、積み上げ面とテーブル面を一致させて、直観的な操作で遊ぶことができるインタラクティブな AR アプリを提案した。本稿では、これを発展させ、玉の通り道や穴などを付加した仮想ブロックを積み上げることで、玉が色々なギミックを通り抜けながら落ちていく様子を見て楽しめる AR アプリを提案する。

## A Ball Rolling Block Application with Augmented Reality for Mobile Devices

KAZUKI YAMASHITA<sup>†1</sup> MASAMI IWATSUKI<sup>†1</sup>

Recent popularization of high-performance mobile devices allows us to experience applications with augmented reality technology. However, most of these applications only superimpose virtual objects or information on camera images. Thus we have proposed an AR application that allows users to play building blocks virtually with intuitive operations by overlaying virtual blocks on a cubic target and matching top faces of a playing table and stacked blocks. This paper proposes the extended AR application that allows users to enjoy watching how balls roll down through various gimmicks by building up blocks with holes and paths.

### 1. はじめに

近年の高性能なスマートフォンやタブレット PC などのモバイル端末の普及に伴い、拡張現実 (AR: Augmented Reality) 技術を用いたアプリケーションも数多く登場している。しかし、これらの AR アプリケーションは CG など仮想オブジェクトをカメラ画像に重畳させてユーザに提示するだけの「一度見たら終わり」的なアプリケーションが大半を占めている。そこで筆者らは、キューブ型ターゲットに仮想ブロックを重畳させ、積み上げ面とテーブル面を一致させて、直観的な操作で遊ぶことができるインタラクティブな AR アプリケーションを提案した[1]。本稿では、このアプリケーションを発展させ、玉の通り道や穴などを付加した仮想ブロックを積み上げることで、Cuboro 社が販売しているビー玉を転がして遊ぶ 3次元構成玩具のように[2]、玉が色々なギミックを通り抜けながら落ちていく様子を見て楽しめる AR アプリケーションを提案する。

### 2. アプリケーションの実装

#### 2.1 開発環境と AR ライブラリ

##### (1) Unity

本アプリケーションの開発には、Unity Technologies が提供するゲーム制作向けの統合開発環境 Unity を用いている[3]。3D オブジェクトを主として扱う AR との相性は良く、物理演算エンジンを搭載している。また、マルチプラットフォーム対応であり、モバイル端末向けのアプリケーシ

ョンも開発できる。

##### (2) Vuforia SDK

本アプリケーションの開発には、モバイル端末向け AR ライブラリとして PTC 社が提供している Unity 対応の Vuforia SDK を利用している[4]。Vuforia SDK は、高速かつロバストなターゲット追従が可能であり、様々な形状のターゲットを利用できるという利点がある。

#### 2.2 AR ターゲット

本アプリケーションで使用する AR ターゲットを図 1 に示す。これらの AR ターゲットの詳細は以下の通りである。

##### (1) ベースターゲット

図 1 のような平面型のベースターゲットを利用して、ワールド座標系を決めている。配置済みのブロックはベースターゲットに追従して動くので、ユーザはこのターゲットを回転させたり、傾けたりすることによって構成物を色々な角度から眺めることができる。また、ベースターゲットの上部には、仮想ブロックを選択するためのターゲットが描かれている。

##### (2) キューブターゲット

図 2 のようなキューブ型の操作ターゲットをブロックに見立てて、ユーザはこれを持ちながら操作する。操作中の仮想ブロックは、キューブターゲットに重畳して表示されるので、様々な形状の仮想ブロックを実際に把持するように操作できる。また後述するように、ベースターゲットの上部のターゲット上で、キューブターゲットの位置や向きを変えることによって、仮想ブロックの種類を変更することができる。

<sup>†1</sup> 法政大学  
Hosei University

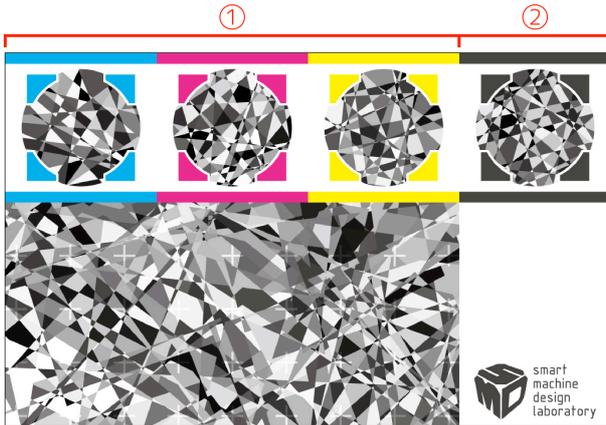


図 1 ベースターゲット  
Figure 1 The Base Target.

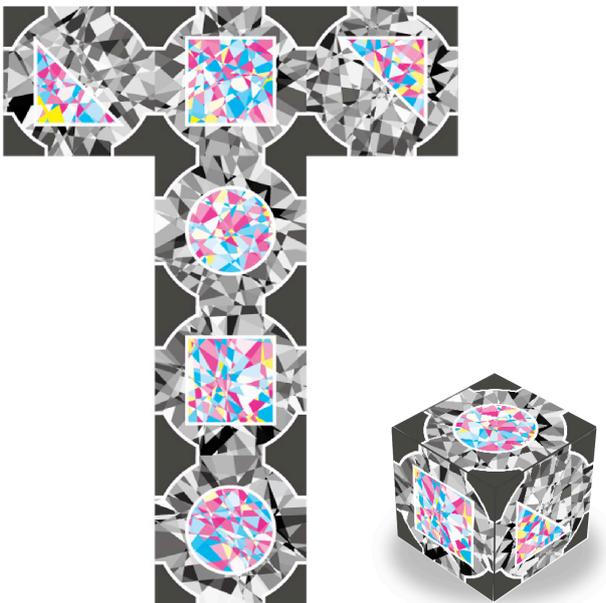


図 2 キューブターゲット  
Figure 2 The Cube Target.

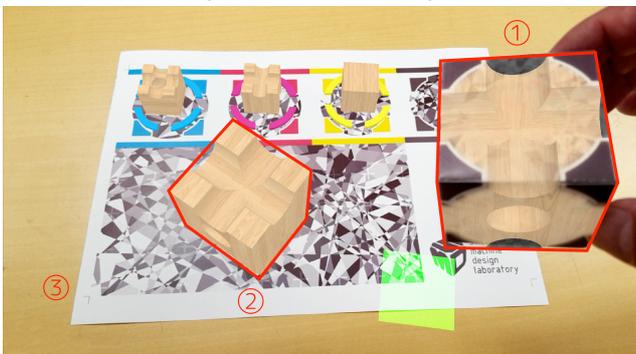


図 3 仮想オブジェクト  
Figure 3 Virtual Objects.

## 2.3 仮想オブジェクト

本アプリケーションで表示される主な仮想オブジェクト

を図 3 に示す。これらの仮想オブジェクトの詳細は以下の通りである。

### (1) 操作ブロック

図 3 中の①のように、操作中の仮想ブロックは、キューブターゲットに追従して動くので、作業平面上の任意の位置にブロックを配置することができる。後述するように、キューブターゲットの 6 面の絵柄は、提示されているブロックや玉の 3 種セットを変更するためにも利用している。

### (2) 配置済みブロック

図 3 中の②のように、配置済みの仮想ブロックは、ベースターゲットの座標系に固定されており、それに追従して動く。キューブターゲットに重畳して表示されている操作ブロックは、テーブル面に置かれると、その位置に固定されるが、キューブターゲットが持ち上げられるまでは位置を確定しないので、置いてからも滑らせるようにして位置を調整することができる。またユーザはこれらのブロックを適当に積み重ねていくことで立体構成物を制作する。

### (3) テーブルオブジェクト

図 3 中の③のように、テーブルオブジェクトは、ブロックを積み上げる床面を決めている不可視の平面オブジェクトであり、ベースターゲットに追従して動く。配置済みのブロックとキューブターゲットが接触すると、ブロックがキューブターゲットに接触しなくなるまで、テーブルオブジェクトの面を下げるという処理を行っている。これにより、キューブ型の操作ターゲットを実体として把持しながら作業平面上に仮想ブロックを積み重ねることができる。

## 3. ブロックの積み上げ方法

以下の 2 つの操作方法によって、モバイル端末上のインタフェースを操作することなく、仮想ブロックを自由に積み上げていくことができる。

### 3.1 ブロックの配置

キューブターゲットがワールド座標の基準面に接触した後、以下の 2 つの条件を満たしている状態で、キューブターゲットが基準面から離れると、仮想ブロックが配置される。

- ① ベースターゲット及びキューブターゲットをカメラ画像より認識している。
- ② テーブルオブジェクトが静止している。

生成されたブロックは、ベースターゲットを親として、これに追従して動く。

### 3.2 ブロックの変更

図 1 のように、ベースターゲットの上には 4 つのスペースが割り当てられており、左から 3 つのブロック選択スペース (図 1 の①部分) には、3 種類のブロックが常に提示されている。図 2 のキューブターゲットを、ブロック選択スペースに置くと、その位置に提示されているブロックあるいは玉が選択され、キューブターゲットに重畳して表

示される。また図1の②部分にキューブターゲットを置く  
と、その上面の絵柄に応じて、図1の①部分に3種類のブ  
ロックや玉のセットが回転しながら提示される。これによ  
りユーザは15種類のブロックと3種類の玉、合計18種類  
の仮想オブジェクトを選択することができる。キューブタ  
ーゲットに仮想オブジェクトが重畳して表示されるので、  
ユーザはあたかもそれらのオブジェクトを把持しているよ  
うに直感的に操作できる。

#### 4. ブロックの沈下表現

##### 4.1 ブロックの下降

本アプリケーションでは、1個の操作ブロックを実体と  
して掴んで仮想ブロックを積み上げながら配置していく  
という直感的な操作を実現するため、積み上げ面と操作ブ  
ロックの底面が常に一致するような処理を行っている[1]。

図4に示すように、操作ブロックが、配置済みブロック  
と衝突した際は、テーブルオブジェクトとすべての配置済  
みブロック群が高度を下げていく。この処理は、操作ブ  
ロックが配置済みブロック群と離れるまで続けられ、両者  
が離れた時点でテーブルオブジェクトは静止する。このよ  
うな処理により、積み上げ面と操作ブロックの底面の高さを  
一致させることができる。

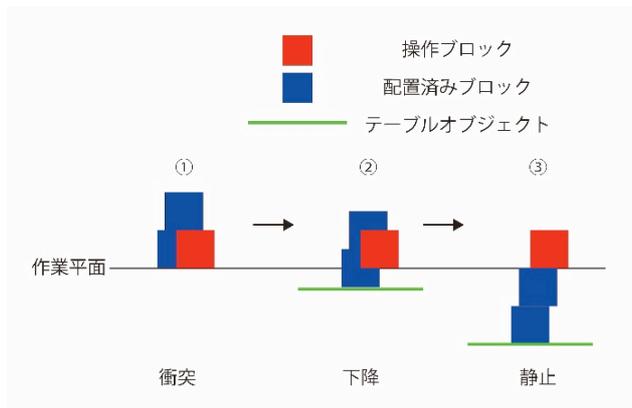


図4 ブロックの下降  
Figure 4 Descent of Blocks.

##### 4.2 ブロックの上昇

図5に示すように、操作ブロックが配置済みブロック群  
と衝突していない状態になると、あるいは基準ターゲット面すなわち  
作業平面まで上昇する。このとき、操作ブロックには下降  
の判定に使用したコライダ（衝突形状）とは別に底面部分  
に一回り大きなオフセットコライダをもち、これが配置済  
みブロックと離れた際に、テーブルオブジェクトをその分  
だけ上げている。

##### 4.3 ブロックの沈下表現

配置済みブロックとキューブターゲットが接触すると、  
テーブルオブジェクトの面を下げるという処理を行う際に、

下降した配置済みブロックが作業平面より低い位置にある  
という感覚を与えるため、著者らは作業平面を境界として  
下側にあるブロックを半透明化する方式を提案した[1]。こ  
の従来方式では、下降の距離に関係なく一律に半透明化す  
るが、本アプリケーションでは、下降の距離に応じて透明  
度を変化させている。この処理により、低い位置にあるも  
のはより低く感じられるようになる。その様子を図6に示  
す。

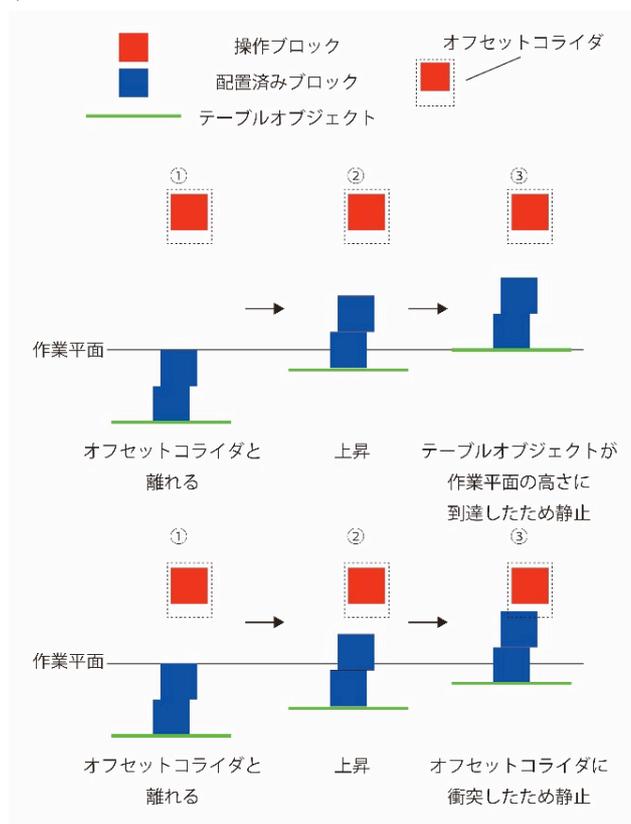


図5 ブロックの上昇  
Figure 5 Ascent of Blocks.

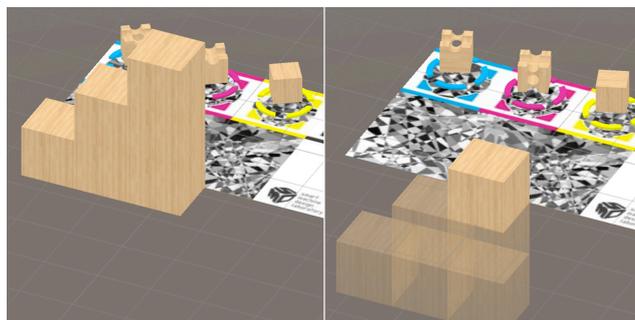


図6 ブロックの沈下表現  
Figure 6 Sinking Behavior of Building Blocks.

#### 5. 実行例

本アプリケーションを用いて、実際に立体構成物を制作  
している様子を図7から図9に示す。まず、図7のように、

3種類の仮想ブロックが提示されているブロック選択スペース上に操作ブロックを置いて好みのブロックを選択する。つぎに、図8のように、操作ブロックを積み上げようとすると、仮想ブロックの積み上げ面がテーブル面と一致するまで、配置済みの仮想ブロック全体が沈下していく。最終的に、図9のように立体構成物を完成させ、そこに玉を落としてその動きを楽しむことができる。

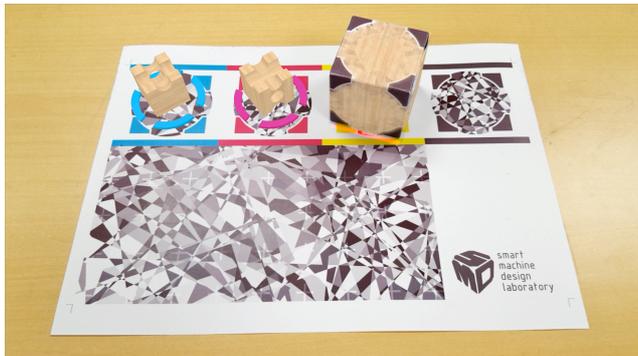


図7 ブロックの積み上げ例1  
Figure 7 Example 1 of Building Blocks.



図8 ブロックの積み上げ例2  
Figure 8 Example 2 of Building Blocks.

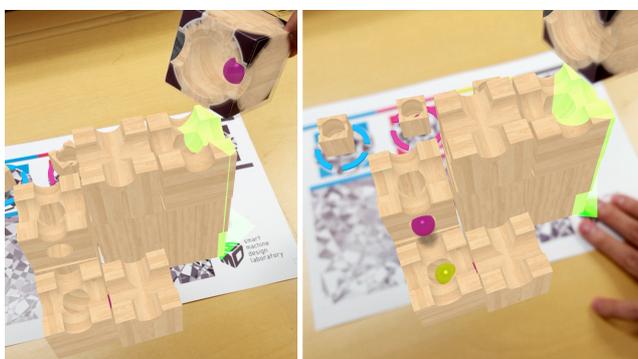


図9 ブロックの積み上げ例3  
Figure 9 Example 3 of Building Blocks.

## 6. おわりに

本稿では、玉の通り道や穴などを付加した仮想ブロックを積み上げることで、玉が色々なギミックを通り抜けながら落ちていく様子を見て楽しめるARアプリを提案した。

今後は、さらに遊びやすいようにユーザインタフェースを改良し、ギミックの種類を増加させて、より複雑な玉の動きを楽しめるようにしていきたい。さらに、積み上げたブロックをネットワークで共有することにより、複数ユーザと一緒に遊べるような拡張も行っていきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 岩月正見, 橋本和哉: モバイル型AR積木アプリケーション, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2015論文集, pp. 85-90 (2015).
- 2) Cuboro社ホームページ <http://cuboro.ch/>
- 3) Unity <http://japan.unity3d.com/unity/>
- 4) Vuforia <http://www.vuforia.com/>