

## モバイル型 AR 積木アプリケーション

岩月正見<sup>†1</sup> 橋本和哉<sup>†1</sup>

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方的なアプリケーションが大半を占めている。また、AR 技術を用いて子供に知育玩具を提供するようなアプリケーションもまだ少ない。そこで本稿では教育的効果をもつといわれる積木遊びを、AR 技術を用いてインタラクティブなモバイルアプリケーションとして仮想的に再現できるシステムを提案する。本アプリケーションは、キューブ型ターゲットに種々のブロックを仮想オブジェクトとして重畳させることにより、カメラ付モバイル端末のみを用いて現実に近い形で直観的な操作感を与えることができる。

### A Building Block Application with Augmented Reality for Mobile Devices

MASAMI IWATSUKI<sup>†1</sup> KAZUYA HASHIMOTO<sup>†1</sup>

Augmented Reality (AR) allows us to enhance our perception of the real world by overlaying artificial objects or information. Recently the AR technology been greatly developed and is used in various fields, such as not only the world of entertainment but also medical treatment, education and construction, Web catalogs, etc. However there are still few educational applications with AR that can provide an interactive play field for children without special devices. This paper shows the development method of an AR application that allows children to play virtual building blocks only with simple tools: a cubic target, a plane target and a standard mobile device with a back camera.

#### 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方的なアプリケーションが大半を占めている。また、AR 技術を用いて子供に知育玩具を提供するようなアプリケーションもまだ少ない。そこで本稿では教育的効果をもつといわれる積木遊びを、AR 技術を用いてインタラクティブなモバイルアプリケーションとして仮想的に再現できるシステムを提案する。本アプリケーションでは、立方体型ターゲットに種々のブロックを仮想オブジェクトとして重畳させることにより現実に近い形で直観的な操作感を簡易な道具で与えることが可能になる。

同様な AR 技術を用いた積木アプリケーションが提案されているが、そこで提案されている方法[1]は、操作マーカを使って仮想ブロックを積み上げていくため、ブロックを持ち上げて置くという実体感がなく、操作しづらいという問題点がある。また従来、著者らが提案した方法[2]では、透明ガラスのテーブル面とする特別な環境を用意する必要があったため、誰でもが家庭で手軽に遊ぶことができなかった。

そこで本稿では、多くの人たちが所有する標準的なモバ

イル端末を利用して、基準ターゲット(平面型)と操作ターゲット(立方体型)の2つのターゲットだけを用いて作業空間内に仮想ブロックを積み上げ、任意の形状の造形物を現実空間の中に仮想的に制作できるアプリケーションを提案する。本アプリケーションでは、ユーザはモバイル端末のカメラ入力画像より作業平面上に置かれた2種のターゲットをとらえ、モバイル端末上のインターフェースを操作することで操作ターゲットの位置に新しいブロックを生成する。また、ブロックが操作ターゲット上にARにより表示されることによってユーザは直観的な実体的操作でブロックを任意の位置に配置することができる。さらに、ブロックは色や形状といった要素が変更可能となっている。配置済みのブロックとユーザがもつ操作ターゲットが接触した際に、接触したブロックの上面を基準ターゲット面と同じ高さにまで下げることで作業平面と積み上げ面を一致させているので、立方体型の操作ターゲットを実体として持ちながらブロックを積み重ねることができる。また、このときに作業平面より下にあるブロックに対し透明シェーディングを適用し半透明化させることで、配置済みのブロックが作業平面より下にあることを視覚的に表現している。さらに、物理演算エンジンを使用して、ブロックに物理特性をもたせているので、積み上げた後に、ブロックを衝突させたり、崩したりして遊ぶことができる。

<sup>†1</sup> 法政大学  
Hosei University

## 2. システム環境

本アプリケーションを開発するために利用したシステム環境は、以下の通りである。

### 2.1 開発環境と AR ライブラリ

#### (1) Unity

Unity は Unity Technologies が提供するゲーム制作向けの統合開発環境である[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、モバイル端末への出力にも対応しているため、本システムの開発には、Unity を用いている。

#### (2) Vuforia SDK

Vuforia SDK は Qualcomm 社が提供しているモバイル端末向け AR ライブラリであり、Unity 用の SDK も提供されている[4]。様々な形状のターゲットを利用することができ、このターゲット上の特徴点をカメラで捉えることにより、カメラ座標系に対するターゲットの位置姿勢推定を行い、CG オブジェクトの座標系の基準として使用することができる。また、Vuforia SDK は処理が高速だけでなく、ロバストな特徴点認識を行っているため、ターゲットの一部が隠れても認識・追従ができるという利点がある。これらの理由から、本システムの開発では、Vuforia SDK を利用している。

### 2.2 必要な機材

図 1 に、本アプリケーションを利用するために必要な機材を示す。これらの詳細は以下の通りである。

#### (1) モバイル端末

図 1 中の①のような背面にカメラを搭載した Android タブレットを用いる。本アプリケーション開発では ASUS 社より 2013 年に発売された Nexus7(2013)[5]を使用して動作確認を行っているが、他の多くのバックカメラ付き Android 端末で利用することができる。

#### (2) 基準ターゲット

図 1 中の②のような平面型の基準ターゲットを利用して、ワールド座標系を決めている。この平面型ターゲットに対して、垂直上方向をワールド座標系の y 軸正方向としている。配置済みのブロックは基準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造形物を色々な角度から眺めることができる。

#### (3) 操作ターゲット

図 1 中の③のような立方体型の操作ターゲットを積木の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。

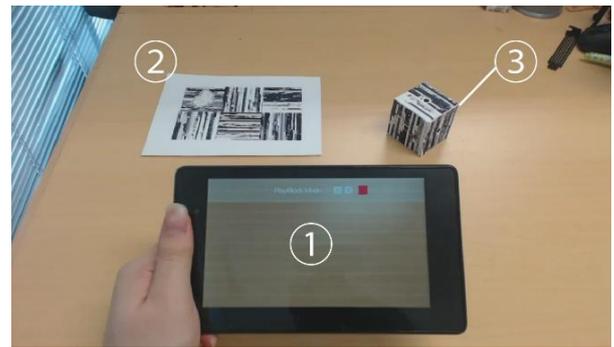


図 1 必要な機材

Figure 1 The Required Equipment.

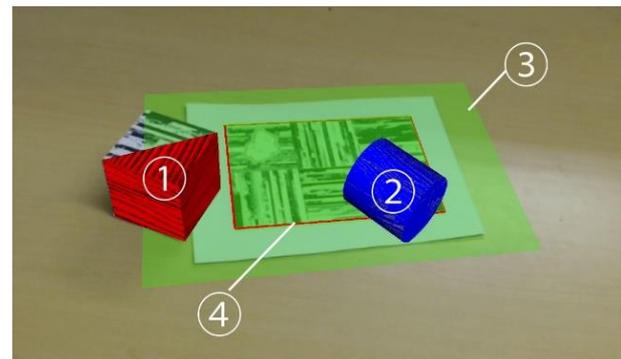


図 2 仮想オブジェクト

Figure 2 Virtual Objects.

## 3. アプリケーションの実装

### 3.1 仮想オブジェクトの種類

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 2 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 2 中の①のように、操作中のブロックは、操作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。4.5 節で述べるように、操作ターゲットの上面のパターンにより、形状を選択することができる。図 2 では、三角形ブロックが選択されている。

#### (2) 配置済みブロック

図 2 中の②のように、配置済みのブロックは、基準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。操作中のブロックは、端末スクリーンをダブルタップすることにより、基準ターゲットに固定される。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造形物を制作する。

#### (3) テーブルオブジェクト

図 2 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透明な平面オブジェクトである。ただし、図 2 では、可視化するため緑色で表現している。基準ターゲットに追従して動く。配置済みのブロ

ックと操作ターゲットが接触すると、接触したブロックの上面が基準ターゲット面と一致するまで、テーブルオブジェクトの面を下げるという工夫をしている。これにより、立方体型の操作ターゲットを実体として持ちながら作業平面上にブロックを積み重ねることができる。なお、テーブルオブジェクトは、仮想ブロックを積み上げる床面であるので、物理シミュレーションにより配置済みブロックが落下しないように十分な大きさを与えている。

#### (4) 基準オブジェクト

図 2 中の③のように、基準ターゲットが認識されているかどうかを視覚的にユーザに伝えるため、基準ターゲットの輪郭を表現する枠を基準オブジェクトとして仮想的に表示している。

### 3.2 3種類のモード

本アプリケーションは、以下のような3つのモードをもつ。

#### (1) PlayBlockMode

このモードで、操作ターゲットを使って様々な形状のブロックを積み上げて造形物を制作して遊ぶことができる。端末スクリーンを任意の位置をダブルタップすることで操作ブロックの位置に新しいブロックを配置して造形物を制作することができる。

#### (2) EditColorMode

このモードでは、操作ターゲットの配置済みブロックを端末スクリーン上でダブルタップすることにより、そのブロックの色を変更することができる。

#### (3) DeleteBlockMode

このモードでは、配置済みブロックを端末スクリーン上でダブルタップすることにより、そのブロックを削除することができる。

### 3.3 ユーザインタフェース

本アプリケーションでは、図 3 のようなユーザインタフェースを用意している。このインタフェースの詳細を以下の通りである。

#### (1) カレントステートパネル

図 3 中の①のようなパネルが画面上部に現在の状態を表すカレントステートパネルが常に表示されている。このパネルの内部には、②のような現在のモードを表示するディスプレイ、③のようなモードを切り替える上下ボタン、および④のような操作ブロックの現在の色を表示するカラーパレットボタンがある。カラーパレットボタンをタッチすると、下記の RGB スライダーパネルの表示/非表示を切り替えることができる。すなわち、EditColorMode への切り替えができる。

#### (2) RGB スライダーパネル

カラーパレットボタンをタッチすると、EditColorMode となり、図 3 中の⑤のような RGB スライダーパネルが現れる。このパネルの内部には、⑥のようなデフォルトカラーボタ

ンと⑦のような RGB スライダーがある。

デフォルトカラーボタンには、赤(1.0,0.0,0.0)、緑(0.0,1.0,0.0)、青(0.0,0.0,1.0)、黄(1.0,1.0,0.0)( ()内は RGB の値)の4つボタンがあり、これらのボタンをタップすることにより、これらの4色が操作ブロックの色として選択され、同時に RGB スライダーの値も変更される。

RGB スライダーパネルには、R、G、B それぞれに対応したスライダーが3本あり、ハンドルを左右に動かすことでカラーパレットの RGB 値を 0.0 から 1.0 までの範囲で変更することができる。

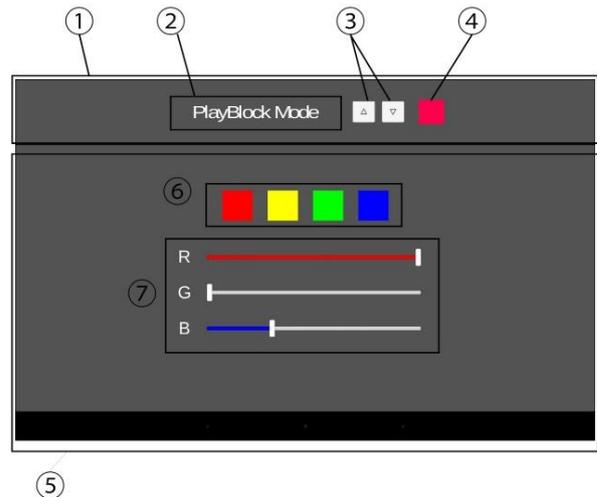


図 3 ユーザインタフェース

Figure 3 User Interface.

### 3.4 基本操作

本アプリケーションの基本操作フローを図 4 に示す。各操作の詳細は以下の通りである。

#### ① 機材の用意

操作ターゲット及び基準ターゲット、モバイル端末を用意する。

#### ② アプリケーションの起動

#### ③ 操作ターゲット及び基準ターゲットの認識

モバイル端末のカメラ画像上に 2 種のターゲットを捉える。

#### ④ 色の変更・形状の変更

カラーパレットボタンから操作ブロックの色を変更する。操作ターゲットを回転させ操作ブロックの形状を変更する。

#### ⑤ 操作ターゲットの配置

ブロックを配置したい位置に操作ターゲットを置く。

#### ⑥ ブロックの配置

PlayBlockMode 中にタブレット PC の画面上をダブルタップすることでブロックが生成、配置される。

#### ⑦ 配置済みブロックの物理的フィードバック

テーブルオブジェクトが作業平面と同じ高さにある

場合に、配置済みブロックに物理的特性を与える。

⑧ 配置済みブロックの色の変更・削除

EditColorMode 中にタブレット PC の画面上に映された配置済みブロックをダブルタップすることで指定したブロックの色をカラーパレットの色と同じにする。また、DeleteBlockMode 中にタブレット PC の画面上に映された配置済みブロックをダブルタップすることで指定したブロックを削除する。

⑨ 造形物の完成

⑩ アプリケーションの終了

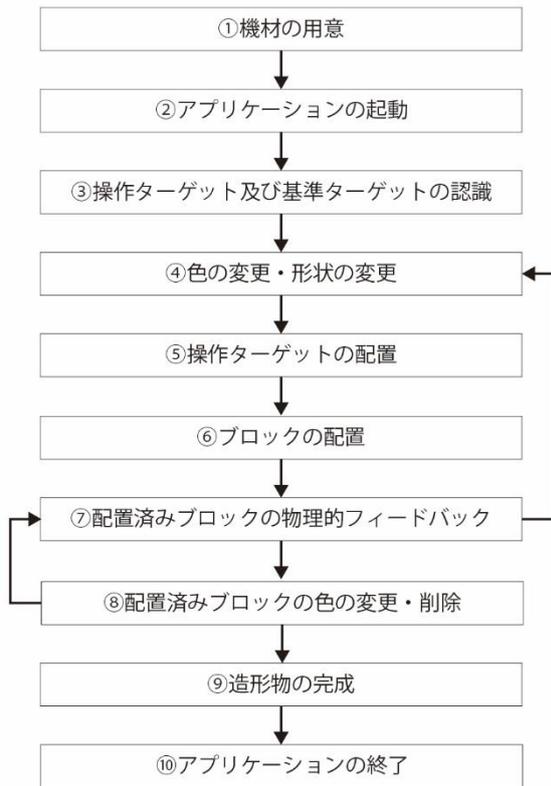


図 4 基本操作フロー  
Figure 4 Flow of Basic Operations.

4. ブロックの積み上げ処理

4.1 ブロックの生成、配置

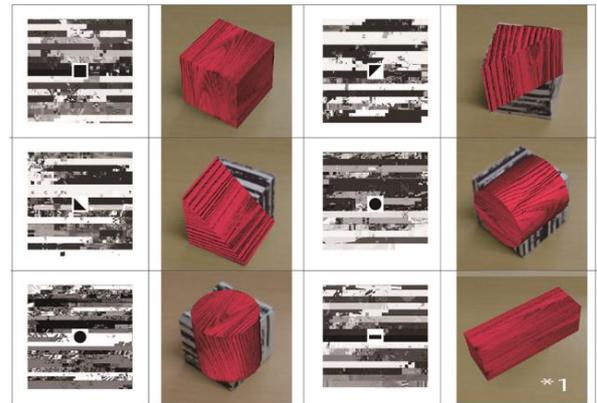
PlayBlockMode では、以下の2つの条件を満たしていれば、端末スクリーン上の任意の位置をダブルタップすることにより、操作ブロックの位置にブロックが配置される。

- ① 基準ターゲット及び操作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、基準ターゲットを親として、これに追従して動く。

4.2 ブロックの形状の変更

ユーザは操作ターゲットを回転させることにより、操作ブロックの形状を変更することができる。この機能によりタブレット PC 端末上のインターフェースを操作することなくハンズフリーで、操作ブロックの形状を変更できる。図5に示すように、立方体型の操作ターゲットの6面にはそれぞれ異なるパターンが割り当てられており、それぞれのパターンに対応する形状が定められている。これらの形状は、図6に示すように、操作ブロックの面の中で、基準ターゲット面に対して最も高い面、すなわち y 座標の値が最も大きい面のパターンに対応する形状が選択される。



\*1 操作ターゲットを横に3個並べた大きさ

図 5 操作ターゲット各面のパターンと対応する形状  
Figure 5 Face Patterns of the Operation Target and the Corresponding Shapes.

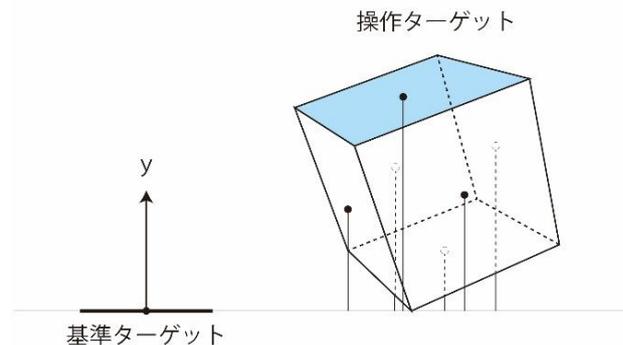


図 6 形状の変更  
Figure 6 Selection of Shapes.

4.3 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挿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が必要となる。このような処理を実現するため、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すなわち配置済みブロックを支えている床面を下げる（y 軸負の方向へ移動）」というコールバック命令を与えている。すべての配置済みブロック群はテーブルオブジェクトに追従するため、同様に高度を下げていく。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。以上の処理の一連の過程を図 7 に示す。

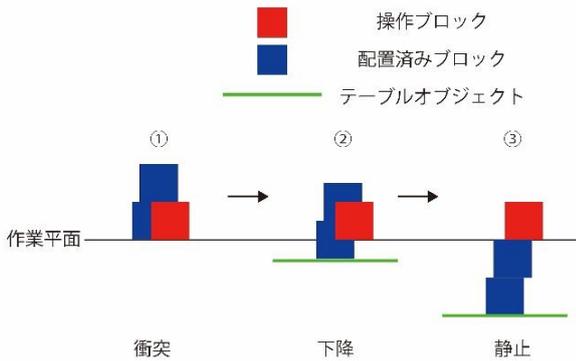


図 7 ブロックの下降  
Figure 7 Descent of Blocks.

#### 4.4 ブロックの上昇

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、テーブルオブジェクトが衝突しなくなるまで、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コライダ(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上げる(y 軸正の方向へ移動）」という命令を与えている。以上の処理の一連の過程を図 8 に示す。

#### 4.5 ブロックの沈下表現

ユーザに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、本システムでは Unity のシェーダ機能を用いて作業平面を境界として下側にあるブロックを半透明化している。また同一ブロックが境界を跨ぐようにして存在する場合、境界より下側にある部分のみを半透明化する。その様子を図 9 に示す。

#### 4.6 物理的特性の付与

テーブルオブジェクトが作業平面にある場合に配置済みブロックに物理的な挙動を与える。これは Unity の物理演算エンジンにより実現している。これにより物理的に不安定な積み方をしている場合にはブロックが崩れるといった自然なアクションをとる。ただし、重力方向は基準ターゲットの下方すなわち y 軸の負の方向に固定されている。

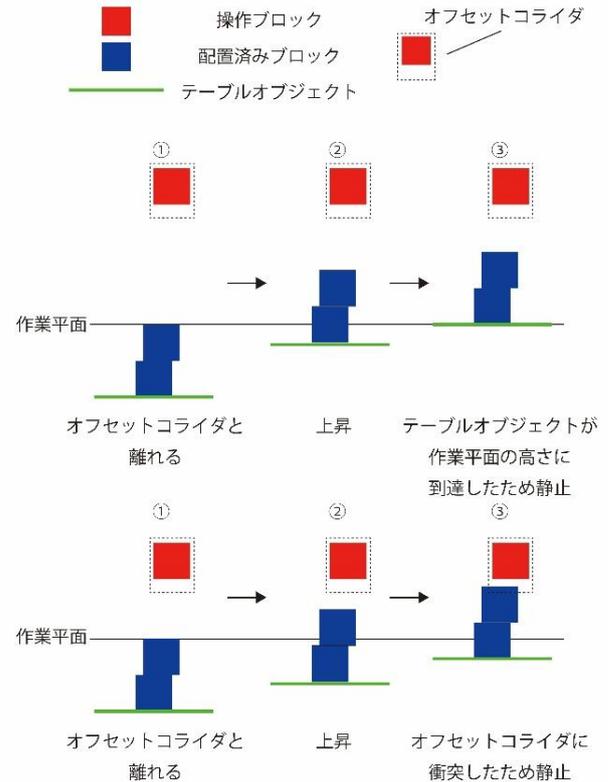


図 8 ブロックの上昇  
Figure 8 Ascent of Blocks.

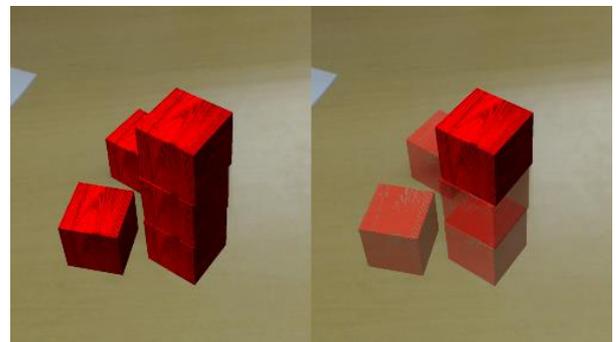


図 9 ブロックの沈下表現  
Figure 9 Physical Behavior of Building Blocks.

## 5. 実行例

本アプリケーションを用いて、実際に制作した造形物を図 10 と図 11 に示す。図 10 のように、ブロックとブロックの上下に空間ができていても、うまく配置できていることがわかる。

図 12 に、配置済みのブロックが物理的な挙動をしている様子を示す。この図から、配置済みのブロックが削除されることで、崩れ落ちていく様子が再現されていることがわかる。

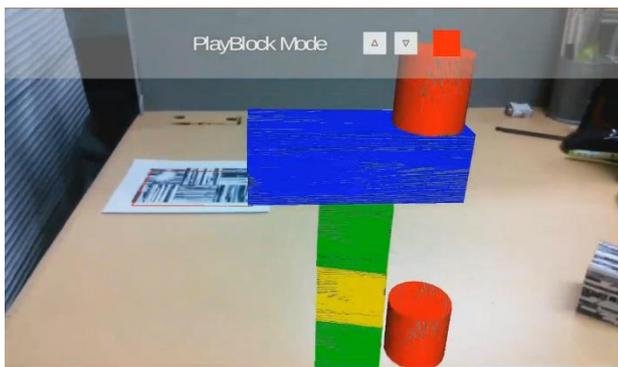


図 10 ブロックの積み上げ例 1  
Figure 10 Example 1 of Building Blocks.

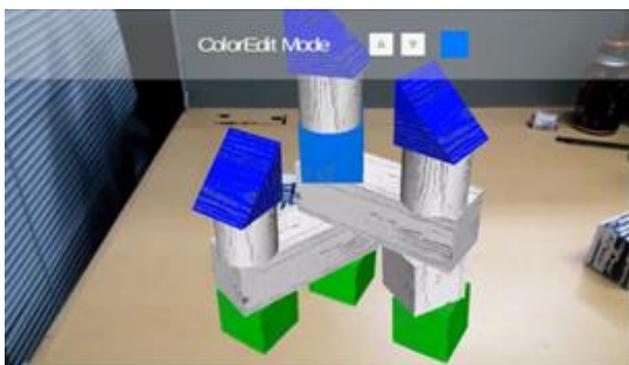


図 11 ブロックの積み上げ例 2  
Figure 11 Example 2 of Building Blocks.

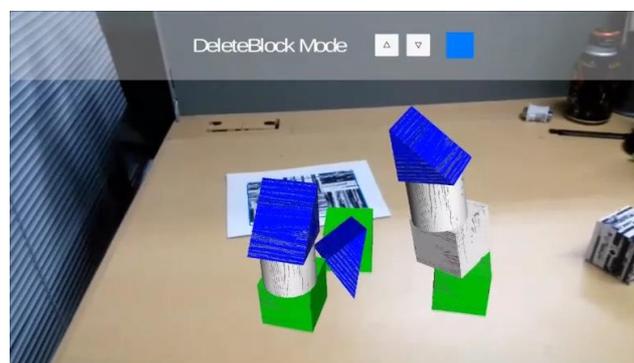


図 12 ブロックの物理的挙動  
Figure 12 Expression of Block Settlement.

## 6. おわりに

本稿では、ハードウェアとしては広く普及しているモバイル端末のみを利用して、2つのターゲットを用いて作業空間内に仮想ブロックを積み上げ、任意の形状の造形物を現実空間の中に仮想的に制作できる AR 積木アプリケーションを提案した。本アプリケーションにより、ターゲットを印刷した紙とバックカメラ付きのモバイル端末さえ用意すれば誰もが簡単に積木遊びができるようになると考えている。

今後は、ユーザインタフェースをわかりやすくするだけでなく、ターゲット上にバーチャルボタンを配置することにより、タップ操作を必要とせずに積木を自由に配置できるような仕組みも取り入れていきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) Augmented Reality Building Blocks  
[https://www.youtube.com/watch?v=3mis\\_IdAgPc](https://www.youtube.com/watch?v=3mis_IdAgPc)
- 2) 中嶋周平：拡張現実感に基づく立体ブロックパズル, 2013 年度法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士論文 (2013)
- 3) Unity  
<http://japan.unity3d.com/unity/>
- 4) Vuforia  
<https://www.qualcomm.com/products/vuforia>
- 5) Nexus7(2013)  
[http://www.asus.com/jp/Tablets\\_Mobile/Nexus\\_7\\_2013/](http://www.asus.com/jp/Tablets_Mobile/Nexus_7_2013/)