

2014年度 卒業論文

クレーンゲームの景品に対する  
移動距離と獲得率の提示シミュレーション

指導教員：渡辺 大地 講師  
三上 浩司 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト  
学籍番号 M0111053  
榎 大介

2014年度 卒業論文概要

論文題目

クレーンゲームの景品に対する  
移動距離と獲得率の提示シミュレーション

メディア学部

学籍番号：M0111053

氏名

榎 大介

指導  
教員

渡辺 大地 講師  
三上 浩司 准教授

キーワード

クレーンゲーム、シミュレーション、レベルデザイン、  
剛体、アミューズメント

クレーンゲームは筐体の中に配置されている景品を、筐体の天井についているアームユニットを動かして、獲得することを目的にプレイするプライズゲームである。クレーンゲームのゲームバランスの調整の要素として、アームの変更や、景品の配置位置の変更などが挙げられる。初期位置を調整した景品が、どれくらいの回数で獲得できるかは、実際にクレーンゲームをプレイして、どれだけ移動するかを見て判断しなければならない。したがって、目的とする調整が行えたかどうかを全て手作業で確認するには時間と手間がかかってしまう。

そこで本研究では、物理シミュレーションに着目した。物理シミュレーションにより、どの景品がどれだけ移動するのかを自動で算出できれば、景品配置後の確認作業の手間を減らすことができる。

本研究では、Unity を用いてクレーンゲームの挙動をコンピュータ上で表現し、筐体上の様々な位置にアームユニットを下ろし、S、M、Lの3種類のアームユニットにおいてクレーンゲームのシミュレーションを行った。景品の大きさは自由に設定できるものとし、その景品が移動した距離と、景品を1度のプレイで獲得できる確率を提示した。アームユニットのサイズが大きくなるにつれて、景品を景品排出口まで移動したデータが多く、一般的に考えられる結果と合致し、妥当性があると考えられるシミュレーション結果を確認した。

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	4
第2章	クレーンゲームを表現する手法	5
2.1	物理モデリングと座標系	5
2.2	アームユニットの構成	6
2.3	アームユニットによる景品の移動	7
2.4	アームユニットを下ろす位置	8
2.5	景品の移動距離算出の流れ	10
第3章	検証と考察	11
3.1	景品の大きさや形状の設定	11
3.2	算出したデータの分類	13
3.3	箱型の景品に対する検証	15
3.4	平たい箱型の景品に対する検証	17
3.5	円柱型の景品に対する検証	18
3.6	考察	19
第4章	まとめ	21
	謝辞	22
	参考文献	23

# 目 次

2.1	使用したSサイズのアームユニット . . . . .	6
2.2	使用したMサイズのアームユニット . . . . .	6
2.3	使用したLサイズのアームユニット . . . . .	6
2.4	景品を囲む直方体で構成したアームの可動範囲 . . . . .	8
2.5	長方形 $ABCD$ を真上から見下ろした様子 . . . . .	9
2.6	点 $P$ を移動した様子 . . . . .	10
3.1	本システム起動時の画面 . . . . .	12
3.2	使用した箱型の景品 . . . . .	13
3.3	使用した平たい箱型の景品 . . . . .	13
3.4	使用した円柱型の景品 . . . . .	13
3.5	景品が画面の奥方向に回転したときの画面 . . . . .	13
3.6	景品が景品を乗せている2つの台の間にはまったときの画面 . . . . .	14
3.7	景品を下から持ち上げる様子 . . . . .	15
3.8	景品がアームから離れる様子 . . . . .	15
3.9	落下した景品が景品排出口にずれる様子 . . . . .	15
3.10	景品の奥を下から持ち上げる様子 . . . . .	16
3.11	景品が景品排出口の方にずれながら持ち上がる様子 . . . . .	16
3.12	景品排出口に落下していく様子 . . . . .	16
3.13	アームユニットが景品の上面に当たったときの様子 . . . . .	18

# 表 目 次

3.1	実行環境 . . . . .	11
3.2	箱型の景品についての検証結果 . . . . .	16
3.3	平たい箱型の景品についての検証結果 . . . . .	17
3.4	円柱型の景品についての検証結果 . . . . .	19

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景と目的

クレーンゲームは筐体の中に配置されている景品を、筐体の天井についているアームユニットを動かして、獲得することを目的にプレイするプライズゲームである。基本的には、アームユニットを左または右に動かすボタンと、アームユニットを奥に動かすボタンの 2 つがあり、プレイヤーがお金を入れることで、ボタンを使用し、アームユニットを奥方向と左または右方向に動かすことが可能になる。ボタンの使用によるアームユニットの移動を行うと、アームが開き、アームユニットが降りてくる。設定された位置まで降りるとアームを閉じ、景品を掴む。その後アームユニットは筐体の隅にある景品排出口の上に移動し、アームを開き景品を落とす。プレイヤーは景品を景品排出口の底に落とすことで景品を獲得することができる。近年では、1 つの大きな台の上に景品を乗せ、アームの力で景品を景品排出口まで持ち上げて運ぶものの他に、2 つ以上の台を組み合わせ、その上に景品を乗せ、アームが景品の下に潜ることができるスペースを確保したもの [1] や、2 本もしくは 2 本以上の棒の上に景品を乗せ、棒の上から落とすことで景品を獲得できるようにしたもの [2] が多く見られるようになった。また景品も、フィギュアを梱包し箱に入れたものが増加し、景品を持ち上げて運ぶのではなく、ずらして落とすことで獲得するといったものが増えてきている。クレーンゲームのゲームバランスの調整の要素として、アームの変更や、景品の配置位置の変更などが挙

げられる。初期位置を調整した景品が、どれくらいの回数で獲得できるかは、実際にクレーンゲームをプレイして、どれだけ移動するかを見て判断しなければならない。したがって、目的とする調整が行えたかどうかを全て手作業で確認するには時間と手間がかかってしまう。

そこで本研究では、物理シミュレーションに着目した。物理シミュレーションにより、どの景品がどれだけ移動するのかを自動で算出できれば、景品配置後の確認作業の手間を減らすことができる。近年、パソコンなどの演算能力の進歩により物理シミュレーションの技術は向上し、工業製品の開発設計時間の短縮や機能の有効性の検証などが実現され、物理シミュレーションの重要性が増している。製品の開発に利用した例として、三菱電機株式会社 [3] の、建物振動及びエレベーターロープ・制御ケーブルの振動を予測する技術や、繊維強化樹脂の流動方向を考慮した構造解析の技術などがある。物理シミュレーションの関連研究で、小川ら [4] は、水中環境内における海藻の挙動を再現し、海藻同士が絡む現象を引き起こす挙動の特徴や、絡みを解消する水流の特徴を調査した。アミューズメントの分野への応用としての関連研究で、遠藤ら [5] は、物理シミュレーションを利用した新たなゲーム性の確立を目的として、弾性と崩壊の性質を有する仮想物体をジョイスティックデバイスを用いて玉入れ操作ができる対話システムを作成した。剛体シミュレーションの関連研究として、正月ら [6] は、扉や引き出しを考慮した冷蔵庫の詳細なモデルを構築し、地震発生時の複雑な挙動のシミュレーションを行い、その再現度を確認した。田中ら [7] は、粒子法をベースとした剛体シミュレーションと剛体間に接続した複数のバネにより、曲げに対する剛性の計算手法を提案し、ビルの倒壊解析を行った。蜂谷ら [8] は、仮想物理環境において多関節ロボットアームに、上空から落下してくるボールをアームの手部分で打ち当てて跳ね上げるタスクを人工ニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムを利用して最適化するシミュレーションを行った。成田ら [9] は、物体爆破シミュレーション時の破片飛散現象表現において、カメラに降り注ぐ破片に力を加え、カメラから違和感なく逸らす破片の軌跡を描く手法を提案した。

また、難易度調整の関連研究として、逢坂ら [10] は、ルールベースを用いてユーザレベルに順応する AI の自動学習方法を提案し、シミュレータを用いて実験を行い、有効性を検証した。中川ら [11] は、格闘ゲームの AI においてニューラルネットワークを適用し、ユーザーのスキルに合った強さに動的に調整する手法を提案し、シミュレータを用いて実験を行い、有効性を検証した。五木ら [12] は、遺伝アルゴリズムを可視化し、計算途中のパラメータ群を利用可能にすることで難易度調整の効率化を試みた。斉藤ら [13] は、FPS ゲームにおいて、プレイスキルの差が検出できるシステムと基準を提案し、一定の制度で上級者と初心者を判別した。

他には、スマートフォン向けのコンテンツとして Suono llc. が提供したクレーンマニア [14] や、DeNA Co., Ltd. が提供したクレーンゲーム [15] などがあるが、物理挙動の計算が不十分であり、景品の挙動が写実的ではない。これらのコンテンツでは景品を持ち上げる際に、景品の重さによってアームが開くことを考慮していなく、1 度のプレイで景品を景品排出口の上まで容易に持ち運ぶことができってしまう。実際のクレーンゲームで景品を持ち上げて運ぶことは困難であり、景品を景品排出口まで移動するために、連続でプレイを行い少しずつ景品をずらすことが多い。

本研究では、クレーンゲームの景品配置後の確認作業の手間を減らすことを目的とし、クレーンゲームの挙動をコンピュータ上で表現し、筐体上の様々な位置にアームユニットを下ろし、クレーンゲームのシミュレーションを行った。アームサイズは、SEGA が開発した UFO キャッチャー 7 セカンド [16] に S、M、L の 3 種類が標準で搭載されていることと、バンダイナムコゲームスが開発したクレナ 2 クイーン [17] に大と小の 2 種類が標準で搭載されていることから、今回は S、M、L の 3 種類を用いた。景品の大きさは自由に設定できるものとし、その景品が移動した距離と、1 度のプレイで獲得できる確率を提示した。アームユニットのサイズが大きくなるにつれて、景品を景品排出口まで移動したデータが多く、一般的に考えられる結果と合致し、妥当性があると考えられるシミュレーション結果を確認した。

## 1.2 論文構成

本論文は全4章で構成する。まず2章ではクレーンゲームのアームユニットが景品を持ち上げ移動させる動作、アームユニットを下ろす位置、景品が移動した距離を算出する流れについての説明を述べる。次に3章では本システムについての評価、検証をする。最後に4章で本研究を統括する。

## 第 2 章

# クレーンゲームを表現する手法

この章では、クレーンゲームを再現する為に用いた手法について説明する。

### 2.1 物理モデリングと座標系

本研究ではアームユニットと景品の事をまとめてモデルと呼ぶ。空間に  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸を与えて 3 次元物体を定義可能にした座標系をグローバル座標系と呼び、モデルはグローバル座標系の中に配置している。本研究のグローバル座標系は左手座標系である。 $y$  値は高さ、 $xz$  平面は水平面である。高さを表す  $y$  軸方向において、 $+y$  の方向は鉛直方向上向きを指す。奥行きを表す  $z$  軸方向において、 $+z$  方向は奥方向を指す。幅を表す  $x$  軸において、 $+x$  の方向は右方向を指す。グローバル座標系に対して、モデルの重心を原点とした座標系をローカル座標系と呼び、グローバル座標系の中に存在するそれぞれのモデルが独自に保有している。モデルを作成した時点では  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸のそれぞれが指す方向はグローバル座標系のもと同様である。モデルが回転すると、それに連動してローカル座標系も回転する。

モデルの制作、制御には Unity[18] を用いた。Unity は NVIDIA が提供する物理エンジン PhysX[19] を搭載しており、基本的な物理挙動の実装にプログラミングを必要としない。Rigidbody 属性を利用することで剛体にかかる重力、摩擦、反発

などの計算や、剛体同士の衝突の作用といった物理的な挙動を実現した。本研究で述べる RigidBody 属性などの Unity 特有の内容については Unity のリファレンスマニュアル [20] を参考している。

## 2.2 アームユニットの構成

本研究で用いる S、M、L の 3 種類のアームユニットの概観を図 2.1 から図 2.3 に示す。

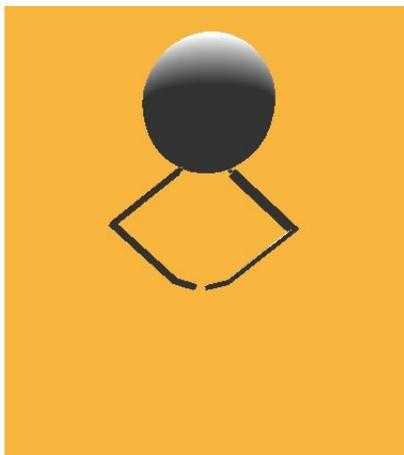


図 2.1: 使用した S サイズのアームユニット

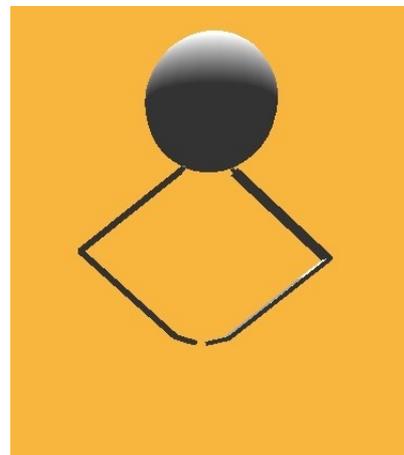


図 2.2: 使用した M サイズのアームユニット

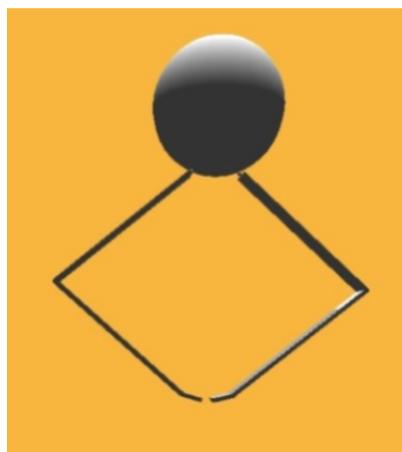


図 2.3: 使用した L サイズのアームユニット

アームユニットは、球体のコアと左右のアームの3部位で構成しており、アームは上腕、下腕、ツメの3部位で構成している。それぞれの寸法はコアは半径 15.0[cm]、アームは上腕の長さはSサイズのものが 15.0[cm]、Mサイズのものが 20.0[cm]、Lサイズのものが 25.0[cm]、幅はいずれのサイズも 2.5[cm]、高さはいずれのサイズも 0.5[cm]、下腕の長さはSサイズのものが 15.0[cm]、Mサイズのものが 20.0[cm]、Lサイズのものが 25.0[cm]、幅はいずれのサイズも 2.5[cm]、高さはいずれのサイズも 0.5[cm]、ツメは長さは 2.5[cm]、幅は 2.5[cm]、高さは 0.5[cm] と設定した。コアと左右のアームは、Unity の HingeJoint を用いて結合している。HingeJoint は結合したい2つの物体の持つ Rigidbody 属性をグループ化し、ヒンジで接合されているかのように動作を制限する。2つの物体の結合部には回転軸を設定することが可能であり、コアの持つローカル座標系の  $z$  軸と平行な軸を回転軸とし、アームの開閉を実現した。アームの回転角には制限を設けた。本研究では、実際のクレーンゲームにおけるアームの開閉の様子を参考に、最大回転角を  $40^\circ$  とした。アームユニットの可動範囲には高さ、幅、奥行きにそれぞれ制限を設け、範囲外にアームユニットが出そうになった場合、停止するようにした。これについては2.4節で述べる。

## 2.3 アームユニットによる景品の移動

アームユニットが景品を持ち上げ移動させる動作について述べる。アームが閉じている状態を初期状態とし、アームが開くと、初期状態へと戻るためのばねの力が加わる。本研究では HingeJoint の Spring プロパティの Spring に 10 を、Damper に 0.1 を、Target Position に 0 を設定することで実現した。開いたアームはグローバル座標系の  $y$  軸に平行に下方向に進み、景品と接触するか下降限界点に達すると、閉じて景品を掴む動作をする。アームを閉じた後、元の高さまで上方向に進み、景品を持ち上げている場合は、景品排出口の上まで移動し、アームを開閉し、景品を落とす動作をする。このときに景品を持ち上げられなかった場合や、景品を落としてしまった場合は、景品排出口の上に移動せず、その場でアームを開閉

し、景品を落とす動作をする。これにより処理の時間を短縮する。これら一連の動作を景品の移動とする。

## 2.4 アームユニットを下ろす位置

景品を移動し、その移動距離を算出するために下ろすアームユニットの位置について述べる。アームユニットの可動範囲は、 $x$  軸に平行な直線と、 $y$  軸に平行な直線と  $z$  軸に平行な直線で景品を囲む直方体で構成した。アームユニットの稼動範囲である直方体を図 2.4 に示す。このときの直方体の高さの範囲は景品の底面からアームの初期位置までである。

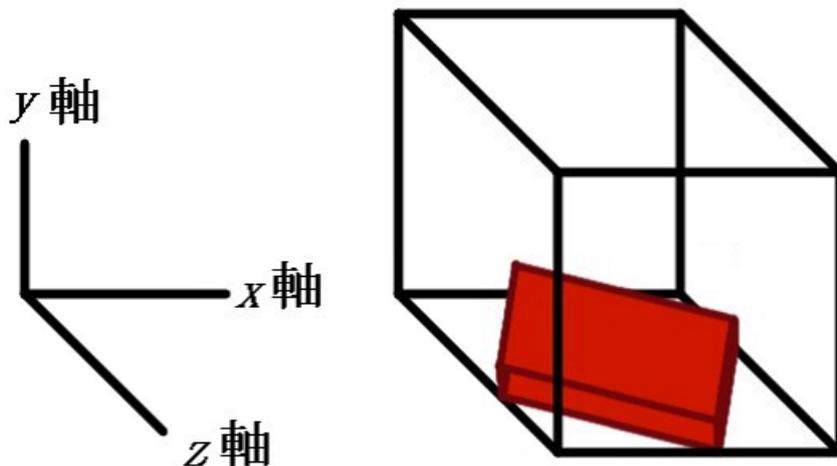


図 2.4: 景品を囲む直方体で構成したアームの可動範囲

アームユニットを下ろす位置は直方体の底面の範囲の点  $P$  と定義する。このときの直方体の底面の長方形の頂点は左奥の頂点から時計回りの順にそれぞれ頂点  $A$ 、頂点  $B$ 、頂点  $C$ 、頂点  $D$  と定義する。辺  $AB$ 、辺  $AD$ 、辺  $BC$ 、辺  $CD$  をそれぞれ 25 等分する格子上の交点に点を置き、長方形  $ABCD$  の線上を含む内側の範囲に  $26 \times 26$  個の点がある状態にする。このときの長方形  $ABCD$  を真上から見下ろした図が 2.5 である。 $L_x$  は景品の幅、 $L_z$  は景品の長さである。

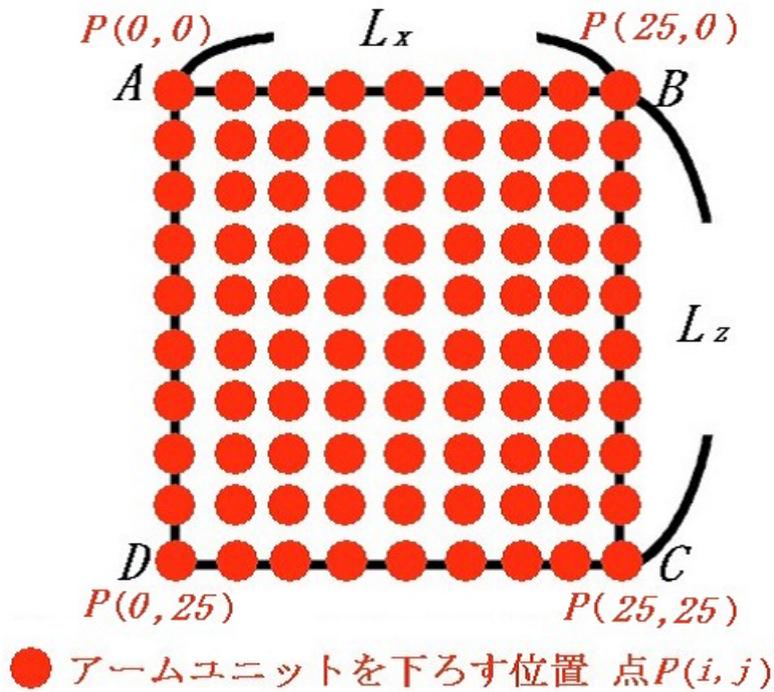


図 2.5: 長方形  $ABCD$  を真上から見下ろした様子

点  $P$  は頂点  $A$  の位置を始点とし、この各交点について景品の移動を行い、景品の移動距離を算出する。このとき点  $P$  の位置は式 (2.1) で表すことができる。

$$P(i, j) = \left( \frac{L_x}{25}i + A_x, 0, \frac{L_z}{25}j + A_z \right). \quad (2.1)$$

このときの  $i$  と  $j$  の取りうる範囲はそれぞれ式 (2.2)、(2.3) である。

$$0 \leq i \leq 25, \quad (2.2)$$

$$0 \leq j \leq 25. \quad (2.3)$$

また、 $A_x$  は頂点  $A$  の  $x$  座標、 $A_z$  は頂点  $A$  の  $z$  座標である。本研究で景品の移動距離を算出した際に移動した点  $P$  について表す図が 2.6 である。

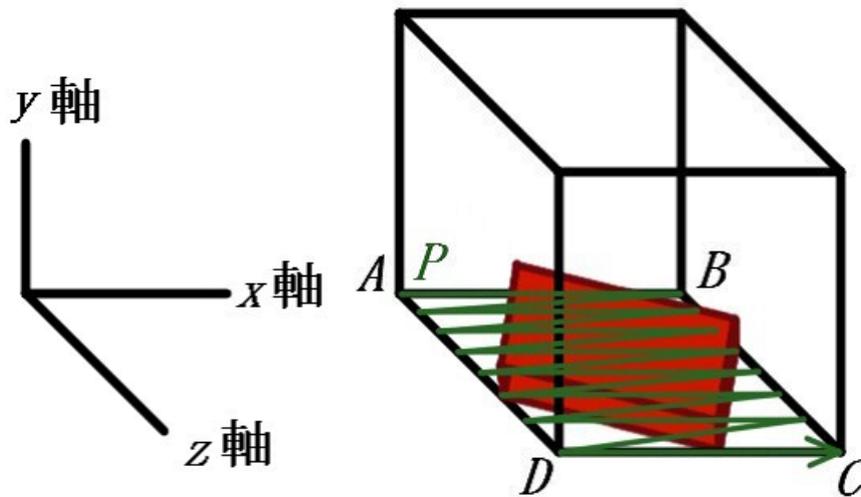


図 2.6: 点  $P$  を移動した様子

## 2.5 景品の移動距離算出の流れ

グローバル座標系の中の  $x \leq 0$ 、 $y = 0$ 、 $z \geq 0$  の範囲内の任意の位置にその場から移動しない板状のオブジェクトを配置し、景品をその上の任意の位置に配置する。景品の位置を記録し、初期位置とする。2.4 節で述べたアームユニット下ろす位置において 2.3 節で述べた景品の移動を行い、移動後の景品の位置を記録する。初期位置と移動後の位置の差を求め、これを景品が移動した距離とする。景品が移動した距離を算出した後、景品を初期位置に移動する。アームユニットを下ろす全ての位置において、景品の移動距離の計算を行い、景品を初期位置に戻した後、景品の角度を  $y$  軸を回転軸として  $15^\circ$  回転し、新たな初期位置とする。初期位置の変更を行った後、アームユニットを下ろす全ての位置において、再び景品の移動を行い、景品が移動した距離を算出する。これを景品の角度が  $75^\circ$  になるまで繰り返す。これによって、1 つのアームユニットにつき  $26 \times 26$  個の交点ひとつひとつに 6 種類の景品の角度について、合計 4056 回景品の移動距離の算出を行う。算出した景品が移動した距離、景品の初期位置、移動後の位置、景品の初期位置の角度、移動後の角度をそれぞれ配列に格納する。

# 第 3 章

## 検証と考察

2章で述べた手法で景品の移動距離を算出した。今回の検証では、フィギュアを梱包し箱に入れた箱型の景品と、タオルやブランケットを梱包し箱に入れた平たい箱型の景品と、菓子類を入れた円柱型の景品の3種類の景品に対し、S、M、Lの3種類のアームユニットで移動距離を算出した。景品排出口は画面右下に配置し、景品と景品排出口との距離は20.0[cm]と設定した。景品を乗せる台を工夫した配置は、台を工夫する橋渡しと棒を使用する橋渡しが一般的であり、今回は台を工夫する橋渡しを利用して検証した。検証に用いたPCの構成を表3.1に示す。

表 3.1: 実行環境

OS	Windows 7 Enterprise 64bit
CPU	AMD Phenom(tm) X4 945 3.00GHz
メモリ	4.00GB
GPU	NVIDIA GeForce GTX 260

### 3.1 景品の大きさや形状の設定

本システム起動時の画面が図 3.1 である。

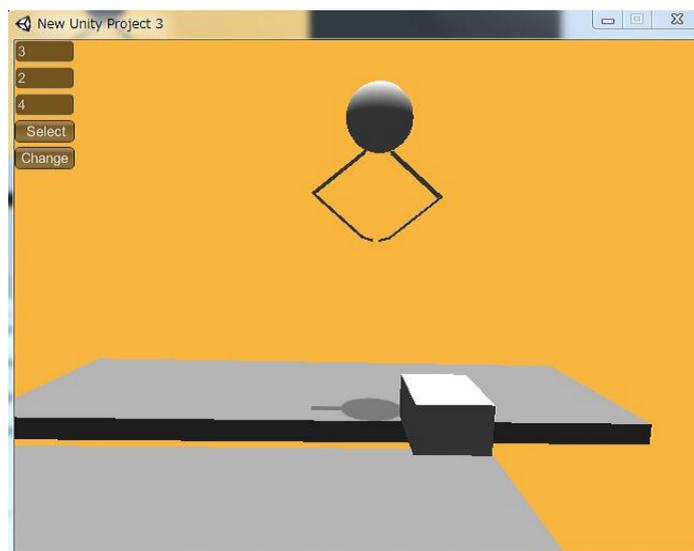


図 3.1: 本システム起動時の画面

景品のモデルには Unity で直接作成できるプリミティブオブジェクトの中からキューブと円柱を用いた。景品のモデルの大きさは、シミュレータ上で自由に変更することができる。画面の左上には、幅、高さ、長さを入力する 3 つのテキストボックスと、Select ボタンと Change ボタンの 2 つのボタンがある。Select ボタンを押すことで景品の形状をキューブと円柱の 2 つから選択でき、Change ボタンを押すことで景品の大きさを 3 つのテキストボックスに入力された大きさに変更できる。今回の検証では、箱型の景品は幅を 15.0[cm]、高さを 10.0[cm]、長さを 20.0[cm]、平たい箱型の景品は幅を 20.0[cm]、高さを 2.5[cm]、長さを 20.0[cm]、円柱型の景品は長径を 20.0[cm]、短径を 2.5[cm]、長さを 20.0[cm]、と設定した。全ての景品の重心はそれぞれのモデルの中心に設定した。使用したモデルの概観を図 3.2 から図 3.4 に示す。

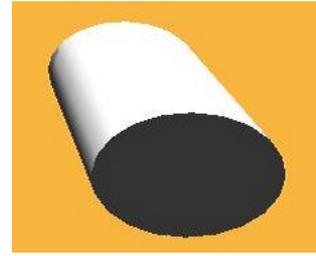
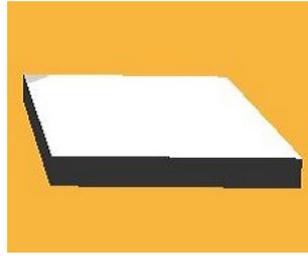
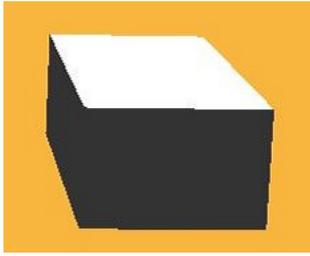


図 3.2: 使用した箱型の景品      図 3.3: 使用した平たい箱型の景品      図 3.4: 使用した円柱型の景品

### 3.2 算出したデータの分類

まず、算出した景品が移動した距離を格納した配列の中から、景品を景品排出口まで移動した数値を持つものの個数を取得する。景品の初期位置と景品排出口との距離より大きい数値を景品を、景品排出口まで移動した数値の基準とする。本研究では  $50.0[cm]$  と設定した。

次に、景品の移動後の角度を格納した配列の中から、 $x$  の絶対値が  $0.7$  以上のもので、なおかつ景品の移動後の  $y$  座標の位置が正の値のもの個数を取得する。このデータは、景品が画面の奥方向または手前方向に回転したことを表す。景品が画面の奥方向に回転したときの画面が図 3.5 である。

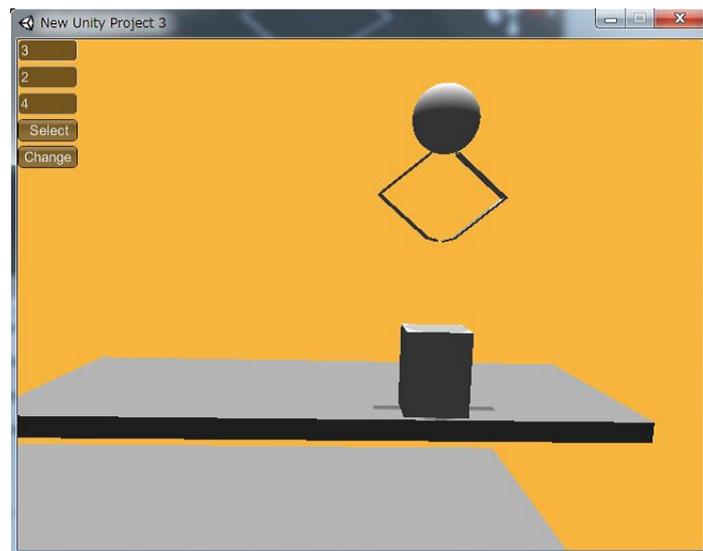


図 3.5: 景品が画面の奥方向に回転したときの画面

景品を乗せている台から景品がはみ出ない位置に移動した場合、景品を下から持ち上げることができなくなるため、店員を呼び、景品の位置を初期位置に戻さなければならない。よって、景品をプレイ続行可能な位置に移動できなかったデータとする。

さらに、景品の移動後の角度を格納した配列の中から、 $y$  の絶対値が 0.7 以上のもので、なおかつ景品の移動後の  $y$  座標の位置が景品の移動前の  $y$  座標の位置より小さい正の値のものの個数を取得する。このデータは、景品が景品を乗せている 2 つの台の間にはまったことを表す。景品が景品を乗せている 2 つの台の間にはまったときの画面が図 3.6 である。

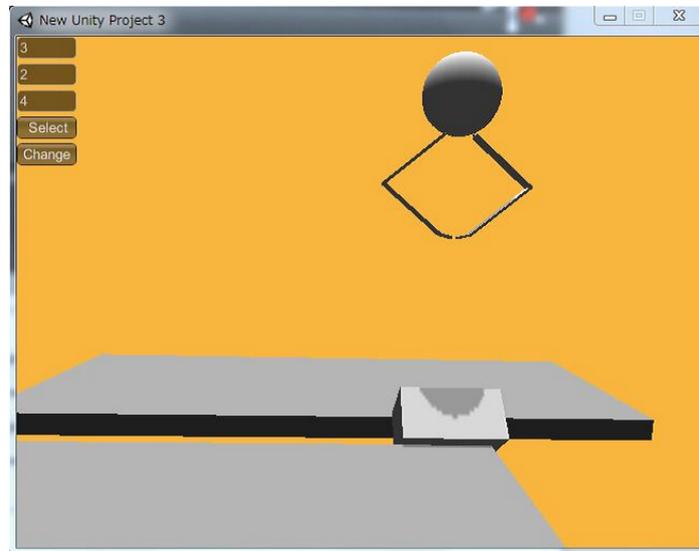


図 3.6: 景品が景品を乗せている 2 つの台の間にはまったときの画面

景品が景品を乗せている 2 つの台の間にはまった場合も、アームユニットが下降できる限界点においても景品を横から挟んでしまい、下から持ち上げることができなくなるため、店員を呼び、景品の位置を初期位置に戻さなければならない。よって、景品を乗せている台から景品がはみ出ない位置に移動した場合と同様に、景品をプレイ続行可能な位置に移動できなかったデータとする。

そして、残りのデータを景品が移動した距離が 15.1[cm] から 20.0[cm] までのデータ、10.1[cm] から 15.0[cm] までのデータ、5.1[cm] から 10.0[cm] までのデータ、

0.1[cm] から 5.0[cm] までのデータ、0.1[cm] 未満のデータの5つに分類し、それぞれの個数を取得する。0.1[cm] 未満のデータは景品を移動できなかったデータとして扱う。

### 3.3 箱型の景品に対する検証

アームを下ろし、景品を下から持ち上げ、景品排出口へずらした様子が図 3.7 から図 3.9 である。

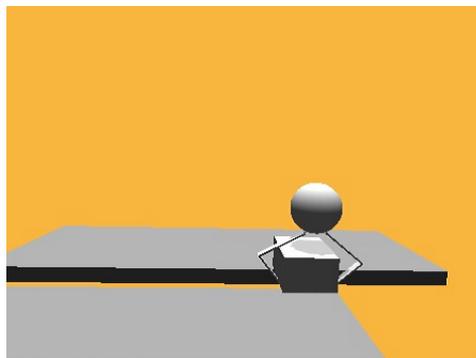


図 3.7: 景品を下から持ち上げる様子

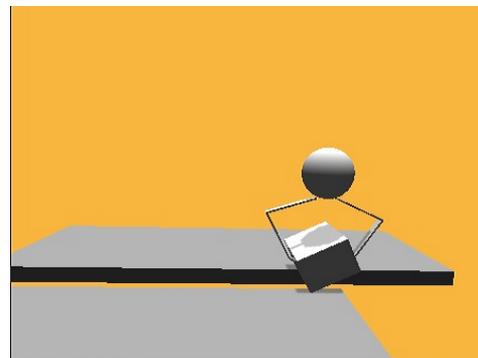


図 3.8: 景品がアームから離れる様子

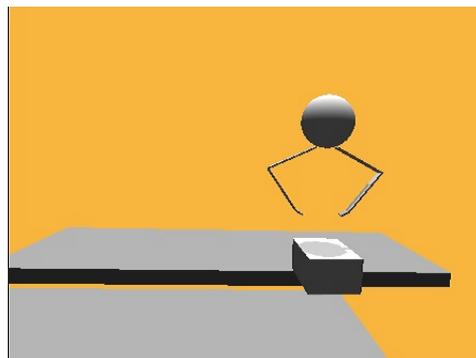


図 3.9: 落下した景品が景品排出口にずれる様子

景品を持ち上げる際に、景品の重さによりアームが開き、景品が落下する様子を再現できているのが分かる。箱型の景品についての検証で算出したデータの分類結果を表 3.2 に示す。

表 3.2: 箱型の景品についての検証結果

	S サイズ	M サイズ	L サイズ
景品を景品排出口まで移動したデータ	44	89	151
景品を 15.1[cm] から 20.0[cm] まで移動したデータ	0	0	0
景品を 10.1[cm] から 15.0[cm] まで移動したデータ	4	12	31
景品を 5.1[cm] から 10.0[cm] まで移動したデータ	41	72	134
景品を 0.1[cm] から 5.0[cm] まで移動したデータ	128	308	566
景品を移動できなかったデータ	3719	3235	2653
景品が手前または奥に 90° 回転したデータ	117	165	332
景品が台と台の間にはまったデータ	3	97	189
景品を 1 度のプレイで獲得できる確率	1.1%	2.2%	3.7%

S サイズのアームユニットでは、景品排出口まで景品を移動したときの景品の角度は、45° が最も多かった。景品の手前または奥を持ち上げて景品を景品排出口の方にずらして獲得していた。景品を景品排出口まで移動した様子が図 3.10 から図 3.12 である。

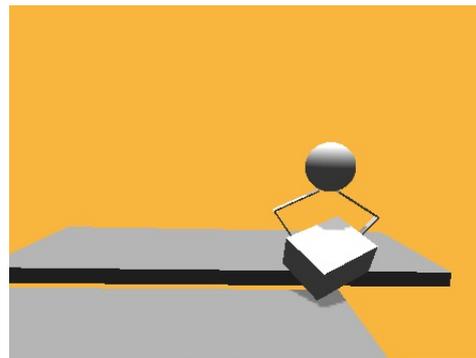
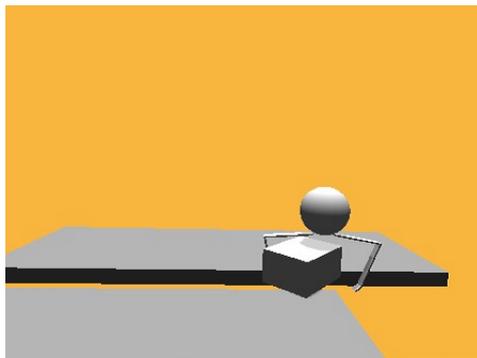


図 3.10: 景品の奥を下から持ち上げる様子 図 3.11: 景品が景品排出口の方にずれながら持ち上がる様子

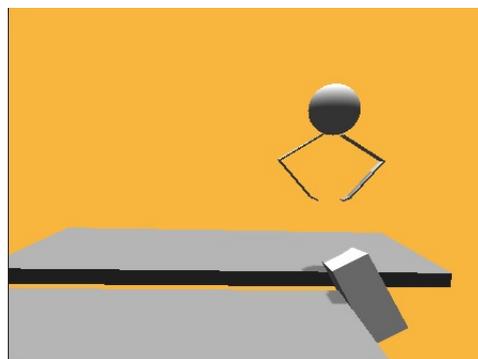


図 3.12: 景品排出口に落下していく様子

景品を 5.1[cm] から 10.0[cm] まで移動したときの景品の角度は 60° が最も多かった。景品排出口まで景品を移動したときと同様に景品の手前または奥を持ち上げて景品を景品排出口の方にずらしていた。景品を 0.5[cm] から 5.0[cm] まで移動したときの景品の角度は 15° が最も多かった。景品を下から持ち上げたときに右側のアームによってのみ持ち上げられ、景品がアームから離れて落ちたときに景品排出口の方に移動していた。景品が手前または奥に 90° 回転したときの景品の角度は 30° のときが最も多かった。

M サイズのアームユニットでは、景品が台と台の間にはまったときの景品の角度の 9 割以上は 75° のときであった。景品を景品排出口の方にずらし、景品の角度を 90° に近づける挙動が多かったことが原因である。また、景品を 0.1[cm] から 5.0[cm] まで移動したときの 5 割はアームユニットを下ろす際に景品の側面と接触し、アームが閉じてしまうものであり、アームが閉じる力で景品を押し出していたものであった。

L サイズのアームユニットでは、景品を景品排出口まで移動したときのときの景品の角度は 45° が最も多かった。アームのサイズが大きいため、アームが閉じるときに景品を横にずらすことが多かったため、景品を移動したデータが多く取れていた。

### 3.4 平たい箱型の景品に対する検証

箱型の景品についての検証で算出したデータの分類結果を表 3.3 に示す。

表 3.3: 平たい箱型の景品についての検証結果

	S サイズ	M サイズ	L サイズ
景品を景品排出口まで移動したデータ	7	109	335
景品を 15.1[cm] から 20.0[cm] まで移動したデータ	0	0	4
景品を 10.1[cm] から 15.0[cm] まで移動したデータ	0	9	55
景品を 5.1[cm] から 10.0[cm] まで移動したデータ	10	65	258
景品を 0.1[cm] から 5.0[cm] まで移動したデータ	176	627	845
景品を移動できなかったデータ	3863	3242	2553
景品が手前または奥に 90° 回転したデータ	0	4	6
景品が台と台の間にはまったデータ	0	0	0
景品を 1 度のプレイで獲得できる確率	0.1%	2.7%	8.2%

Sサイズのアームユニットでは、景品を景品排出口まで移動したデータが極端に少なく、景品の角度が $15^\circ$ が最も多かった。景品を移動できたデータが少ない原因は、景品の角度が $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ の場合において、アームユニットが開いたときの幅が景品の横幅とほぼ等しく、アームが景品の上面に当たってしまうケースが多かったからであるからである。図 3.13 はアームユニットが景品の上面に当たったときの様子である。

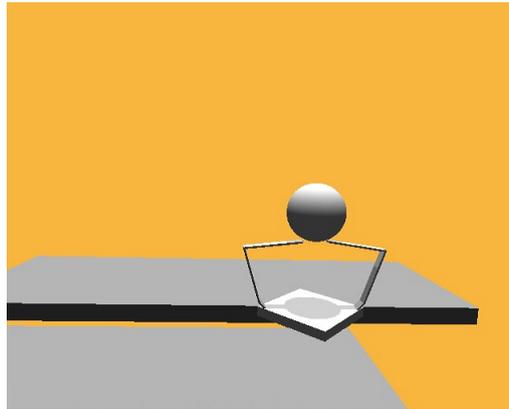


図 3.13: アームユニットが景品の上面に当たったときの様子

Mサイズのアームユニットでは、景品を景品排出口まで移動したときの景品の角度は、 $0^\circ$  から  $75^\circ$  まで均等であった。Sサイズのアームユニットのときのようなアームが景品の上面に当たってしまうことはなかったが、アームが開いたときの幅に余裕が少なく、あまり景品を横にずらせていなかった。

Lサイズのアームユニットでは、景品を景品排出口まで移動したときの景品の角度は、 $0^\circ$  から  $75^\circ$  まで均等であった。Mサイズのアームユニットよりもアームが開いたときの幅が広がったため、景品を移動したデータが多く取れていた。アームが閉じるときに景品を横にずらすこともあり、他のサイズのアームと比べて景品を  $5.1[cm]$  から  $10.0[cm]$  まで移動したデータが多かった。

### 3.5 円柱型の景品に対する検証

箱型の景品についての検証で算出したデータの分類結果を表 3.4 に示す。

表 3.4: 円柱型の景品についての検証結果

	S サイズ	M サイズ	L サイズ
景品を景品排出口まで移動したデータ	83	95	129
景品を 15.1[cm] から 20.0[cm] まで移動したデータ	0	0	0
景品を 10.1[cm] から 15.0[cm] まで移動したデータ	0	0	1
景品を 5.1[cm] から 10.0[cm] まで移動したデータ	12	19	36
景品を 0.1[cm] から 5.0[cm] まで移動したデータ	1761	1497	1082
景品を移動できなかったデータ	960	1224	1630
景品が手前または奥に 90° 回転したデータ	0	0	0
景品が台と台の間にはまったデータ	1240	1221	1178
景品を 1 度のプレイで獲得できる確率	2.0%	2.3%	3.2%

どのサイズのアームユニットでも、景品を景品排出口まで移動したときの景品の角度は 60° のみで、景品が台と台の間にはまったときの景品の角度は 60° と 75° だった。景品の角度が 75° の場合、景品が丸みを帯びているため、アームが景品に触れる前に、すべるようにして台と台の間にはまっていた。また、景品を持ち上げる際に、景品の丸みに沿うようにしてアームが開いたために、景品を横にずらすことが困難だった。

### 3.6 考察

今回検証したどの景品についても、アームユニットのサイズが大きくなるにつれて、景品を景品排出口まで移動したデータが多くなった。箱型の景品と平たい箱型の景品での景品を移動した挙動は、図 3.7 から図 3.9 に示した景品を景品排出口へずらすものが多かった。アームユニットを箱型の景品と平たい箱型のそれぞれの景品の中央付近に下ろした場合、持ち上げる際に景品をずらすことができず、景品を移動できていなかった。円柱型の景品を移動した挙動は、アームユニットを景品の右端付近に下ろした場合に、景品を右に移動するのではなく、景品の角度を 90° に近づけるようにする傾向があった。片方のアームのみが景品に引っかかり景品を持ち上げた際、箱型の景品と平たい箱型の景品では、アームから離れた後に落下した衝撃で左右どちらかにずれる傾向があったが、円柱型の景品では、景品の持つローカル座標系の  $y$  軸が鉛直方向上向きになるように景品が転がった

ために、アームから離れた景品が初期位置付近に戻ってしまう傾向があった。サイズの大きいアームユニットの方が、アームが開いたときの幅が広く、アームを景品の下に潜らせやすく、より景品を移動できることは直感的に考えることができ、今回の検証ではそれに合致する結果となった。したがって、妥当性があると考えられるシミュレーション結果が得られたと言える。

## 第 4 章

### まとめ

本研究では、クレーンゲームの景品配置後の確認作業の手間を減らすことを目的に、Unity を用いてクレーンゲームの挙動を表現し、フィギュアを梱包し箱に入れた箱型の景品と、タオルやブランケットを梱包し箱に入れた平たい箱型の景品と、菓子類を入れた円柱型の景品の 3 種類の景品に対し、S、M、L の 3 種類のアームユニットにおいて、景品が移動した距離を同一の条件化で算出し、景品を 1 度のプレイで獲得できる確率を提示した。今後の展望として、ぬいぐるみなどのやわらかい形状の景品に対しての検証を行うことや、景品の移動を描画する前に景品を移動した距離や位置、角度を算出すること、景品を移動した後に景品を初期の位置に戻さず、連続したプレイに対応することなどのシステムの改良を行うことで、より密度の高いシミュレーションが行えると考えられる。

# 謝辞

本研究を締めくくるにあたり、多くのご指導、ご助言を頂きました先生方に感謝の意を表します。また、挫折しかけた私に様々なご意見を下さった方々、進捗や内容を互いに確認しながら共に歩んだ研究室のメンバーに深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] クレーンゲーム 黒ひげゲット - youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qDqtSEU03kc>. 参照: 2015-2-13.
- [2] 橋渡しを攻略しよう - ufo キャッチャー (フィギュア専門レビュー). <http://www.ufo-figure.com/kouryakuhou/hashiwatashi/>. 参照: 2015-2-13.
- [3] 製品を支える物理シミュレーション技術 - 三菱電機. <http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/1107/>. 参照: 2015-1-28.
- [4] 小川純, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志. 仮想水中環境下における人工海藻の挙動の解析. 精密工学会学術講演会講演論文集, Vol. 2012S, pp. 411–412, 2012.
- [5] 遠藤守, 宮崎慎也, 山田雅之, 長谷川純一, 安田孝美. 弾性物理シミュレーションのアミューズメント応用: ふわふわ物体玉入れ. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 103, No. 352, pp. 41–46, 2003.
- [6] 正月俊行, 翠川三郎, 三浦弘之, 初岡徹朗. 21594 扉や引き出しの開閉を考慮した冷蔵庫の地震時挙動シミュレーション. 一般社団法人日本建築学会 学術講演梗概集, Vol. 2013, pp. 1187–1188, 2013.
- [7] 田中正幸, 越塚誠一, 入部綱清, 崎原康平, 藤澤智光. 粒子ベース剛体シミュレーションによるビルの倒壊解析. 理論応用力学講演会 講演論文集, Vol. 56, pp. 194–194, 2007.

- [8] 蜂谷俊泰, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志. 物理シミュレーションによる多関節アームロボットのタスク獲得. 2010年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, pp. 61–62, 2010.
- [9] 成田晃, 柿本正憲, 渡辺大地, 竹内亮太, 三上浩司. 破片飛散現象表現におけるカメラ回避制御. 映像情報メディア学会誌, Vol. 67, No. 4, pp. J148–J151, 2013.
- [10] 逢坂翔太, 八朔宏樹, ターウォンマットラック. ビデオゲームにおける ai のルールベース適正化 (セッション 5). 情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング, Vol. 2006, No. 24, pp. 101–104, 2006.
- [11] 中川明紀, THAWONMAS Ruck, 逢坂翔太, 柴崎智哉. 4zh-5 ニューラルネットワークによる格闘ゲーム ai の難易度調整及び行動多様性向上手法. 全国大会講演論文集, Vol. 70, No. 4, pp. 4–801–4–802, 2008.
- [12] 五木宏, 松原仁. 遺伝アルゴリズムの視覚化を用いたゲームのレベルデザイン効率化技法の開発. 情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング, Vol. 2007, No. 18, pp. 1–7, 2007.
- [13] 斉藤勇樹, 中村陽介, 三上浩司, 近藤邦雄. ゲームプレイに応じたダイナミックな難易度調整における効果的なプレイスキルの見分け方の研究. 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 37, No. 17, pp. 167–168, 2013.
- [14] クレーンマニア - apple. <https://itunes.apple.com/jp/app/kurenmania/id5944400518?mt=8>. 参照: 2015-1-28.
- [15] クレーンゲーム - google play の android アプリ. <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.mbg.g420503&hl=ja>. 参照: 2015-1-28.
- [16] Ufo キャッチャー 7 セカンド - セガ. <https://sega.jp/arcade/ufo72nd/>. 参照: 2015-2-17.

- [17] クレナ2クイーン. <http://www.am-j.co.jp/newmachine/201102/002.html>.  
参照: 2015-2-17.
- [18] Unity. <http://japan.unity3d.com/>. 参照: 2015-1-28.
- [19] Nvidia physx. [https://developer.nvidia.com/  
/gameworks-physx-overview](https://developer.nvidia.com/gameworks-physx-overview). 参照: 2015-1-28.
- [20] Unity - リファレンスマニュアル / reference manual. [https:  
//psm.playstation.net/static/general/all/unity\\_for\\_psm/ja/  
Documentation/Components/index.html](https://psm.playstation.net/static/general/all/unity_for_psm/ja/Documentation/Components/index.html). 参照: 2015-1-28.