

ArOde : 拡張現実感を利用したロボットシミュレータの開発

林 政 毅[†] 岡 本 秀 輔[†] 山 田 雄 大[†]

ロボット開発において、ロボットのシミュレートは重要な要素のひとつであるが、従来のロボットシミュレータでは、ユーザは実際にロボットを動かしたい現実の環境が目の前にあるような場合でも、全ての情報を仮想空間内で再構築しなければならない。また、シミュレーションした結果を 3D グラフィックス等で表示する場合、現実環境との関連性がわかりづらいといった問題がある。そこで本論文では、拡張現実感を利用したロボットシミュレータ「ArOde」を提案する。ArOde では、ユーザは PC と web カメラ、幾つかのマーカを利用するだけで、現実環境下で実際にロボットを配置しているかのようにシミュレートを行うことができ、現実環境下での仮想ロボットの動きを見る事ができる。

Development of robot simulator with Augmented Reality

MASAKI HAYASHI,[†] SHUSUKE OKAMOTO[†] and KATUTOMO YAMADA[†]

Computer simulation is one of important factors for robot development. In case of using some traditional simulator, we have to construct a virtual environment for the simulation, even if we can use a real one where we want to let our robot move about. Furthermore, it is difficult to present the relationship between virtual and real environment. In this paper, we propose a robot simulator with augmented reality, which is named ArOde. It uses PC, web camera and some markers. Then it can simulate movement of a virtual robot as if it moves about a real environment which is captured by web camera.

1. はじめに

1.1 背 景

近年、AIBO をはじめとするペット型ロボットや、お掃除ロボット、施設案内ロボット等の登場と発展により、ロボットがより身近なものとなってきている。また、様々なロボット制御開発環境が研究され、ロボット自体のハードの価格も安くなってきた。このことから、ロボットへの関心も高まり、ロボット開発をしたいと考える人が増加している。

ロボット開発において、ロボットの動きをシミュレーションする事は、重要な要素のひとつである。ロボットシミュレーションが行えることで、ロボットが手元に無くてもロボットプログラミングを学習することができ、ハードを傷つけることなく動作テストが行える。さらに最近では、最初にロボットの設計をすべて決めるのではなく、シミュレーションによって設計パラメータの詳細を決定するモデルベースデザインという開発方法も注目されており、ロボットシミュレーションの重要性も増している。そうしたことから、ロボットシ

ミュレーションを行うための、ロボットシミュレータの研究も盛んに行われている¹⁾²⁾。

1.2 目 的

従来のロボットシミュレータでは、シミュレーション環境の構築やロボットの動作を、すべて仮想空間の中で行っている。このようなロボットシミュレータでは、すでにある別の実機と連携するロボットのシミュレーションを行う場合や、実際にロボットを動かしたい現実の環境が目の前にあるような場合でも、一度全ての情報を仮想空間内で再構築しなければならない。つまり、現実の環境をそのままシミュレーションに使うことは出来ず、その前に 1 段階作業をはさまなくてはならない。また、シミュレーションした結果を 3D グラフィックス等で表示する場合、現実環境との関連性がわかりづらいといった問題がある。

そこで、本研究では、拡張現実感を利用したロボットシミュレータの開発を行う。本シミュレータでは、拡張現実感を利用して、現実の環境の中に仮想のロボットや物体を擬似的に配置し、さらに現実のものと同列に扱えるようにする事で、両者の差をほとんど意識せずに、両者を混ぜてロボットシミュレーションを行う事ができるようにする。そうする事で、先に述べた再構築の煩わしさを解消し、直感的でわか

[†] 成蹊大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Seikei University

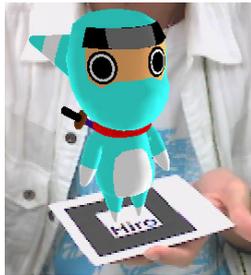


図 1 マーカ型視覚 AR
Fig.1 AR of Visual and Marker type

りやすく、現実にあるものをそのままシミュレーションに組み込み、現実下でどのように仮想ロボットが動くかを見ることのできるロボットシミュレータを開発する事が、本研究の目的である。

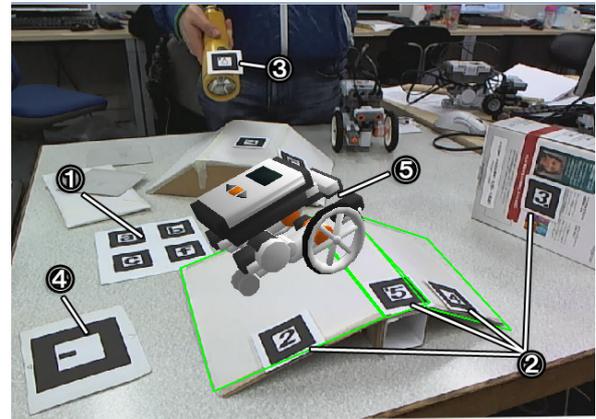
2. 拡張現実感

張現実感 (Augmented Reality 以降 AR) とは、現実の環境から知覚に与えられる情報に、コンピュータが作り出した情報を重ね合わせ、拡張された現実感を与える技術の事である。AR も近年、カメラや CPU 等のハードウェアの高性能化に伴い、様々な研究が盛んに行われている³⁾⁴⁾⁵⁾。実装例としては、主に人間の視覚から得られる情報の拡張があげられる。具体的には、図 1 のように、カメラによって得られた画像に対して、リアルタイムに、コンピュータグラフィックスによって描かれた仮想物体を重ねて表示する事により、あたかも本当にその仮想物体がそこに存在するかのように見せるといったアプリケーション等がある。視覚の拡張としての AR の実現手段としては、どの様に現実空間と仮想空間の位置合わせを行うかという点で、主に、位置合わせに GPS や地磁気センサーや加速度センサー等を利用する位置情報型、あらかじめ登録しておいた画像やバーコードのような白黒パターンを利用して位置合わせをするマーカ型、画像の特徴点のトラッキングを利用して位置合わせをするマーカレス型の 3 つに分類される。

3. 設 計

3.1 本シミュレータの概要

本シミュレータでは、Web カメラを使い得られた画像に、物理演算によって動く仮想ロボットを重ねて表示する。その際に、あらかじめ配置したマーカやマイク、カメラ画像の色情報などから、現実環境の物体、物体の色、明るさ、音を認識し、シミュレーションに反映させる。そうすることで、あたかも現実のロボットを現実環境内で動かしているかのような結果が得ら



①: 基準マーカ ④: ロボット配置用マーカ
②: 環境認識用マーカ ⑤: 仮想ロボット
③: 光源認識用マーカ

図 2 ArOde のスクリーンショット
Fig.2 Screenshot of ArOde

れる。図 2 に、実行中の本シミュレータのスクリーンショットを示す。

本シミュレータでは、物理計算エンジンに Open Dynamics Engine(以降 ODE)⁶⁾ を、AR の利用の為に、マーカ型 AR のミドルウェアである ARToolKit³⁾ を利用している。

3.2 仮想ロボット

シミュレートする仮想ロボットとして、レゴ社の Mindstorms NXT(以降 NXT)⁷⁾ で構成されたロボットを対象としている。NXT とは、プログラムが組み込めるブロックや、センサー、モータ、レゴブロック、ギアや車軸、タイヤといったレゴの部品を組み合わせ、ロボット制御用プログラムを組み込む事で、様々なロボットを構築できるレゴの部品群のことである。センサには様々なものがあるが、その内本シミュレータでシミュレートできるセンサとその機能を以下に示す。

- タッチセンサ

前方に付いているボタンが押されているかどうかを判定する事ができる。

- ライトセンサ

目の前にある物体の色の輝度を計ることができる。又、自分に向けられている光の強さを計ることもできる。

- 超音波センサ

前方にある物体までの距離を計る事ができる。

- サウンドセンサ

音がなっているかどうかを判定する事ができる。

3.3 利用するマーカ

本シミュレータでは、様々なマーカを利用することで現実環境と仮想空間の対応付けを行ったり、シミュレート中の仮想ロボットやシミュレーション環境とイ

インタラクションすることが出来る．本シミュレートで利用するマーカとその機能を以下に示す．

- 基準マーカ

現実環境と仮想空間の対応付けを行うためのマーカ．このマーカはシミュレートの実行中常にカメラ画像の中に必ず含まれていなければならないマーカで，このマーカの中心が現実環境と仮想空間のそれぞれの原点になる．また，基準マーカとの相対的なカメラの場所，姿勢の推定を行う．こうすることで，基準マーカを中心に，現実環境下のカメラと同じ場所，姿勢から見た，仮想空間の画像を取得でき，現実環境と仮想空間の対応付けができる．

- ロボット配置マーカ

現実環境に擬似的に仮想ロボットを配置する際に利用するマーカ．このマーカの位置と向きでロボットの初期配置を決定する．

- 環境認識用マーカ

現実環境の物体の認識を行うためのマーカ．1つの面に対して1枚必要になる．詳しくは現実環境の認識の節を参照．

- 光源認識用マーカ

光源の位置，方向の認識を行うためのマーカ．詳しくは現実環境の認識の節を参考．

- ロボット移動マーカ

シミュレート中のロボットを強制的に移動させる際に利用するマーカ．このマーカを利用することで，倒れてしまったロボットを元にもどしたりすることが出来る．

3.4 シミュレーションの流れ

本シミュレータでの，ロボットシミュレーションの流れを図3に示す．この流れの中で，カメラ画像からの現実環境の物体の認識を行っている部分が，本シミュレータで最も重要な部分である．この認識を行うことで，現実のものと仮想のものを同列に扱うことができ，これが，本シミュレータの最大の特徴である．

3.4.1 仮想ロボットの読み込みと制御

本シミュレータは，当研究室で開発されている Lego プログラミング環境と連携することで，仮想ロボットの読み込みを行う．具体的には，ロボットの設計は山田雄大氏のロボット設計エディタで，シミュレートしたいロボットの制御プログラムは竹原陽道氏の islayJava⁸⁾ というエディタで，それぞれ作成したものを読み込むことが出来る．ロボット設計エディタでは，ロボットの構成と，ロボットの基本的な振る舞いを決めることが出来る．islaysJava では，NXT で作られたロボットに対して状態遷移図を用いることで，グラフィカルに

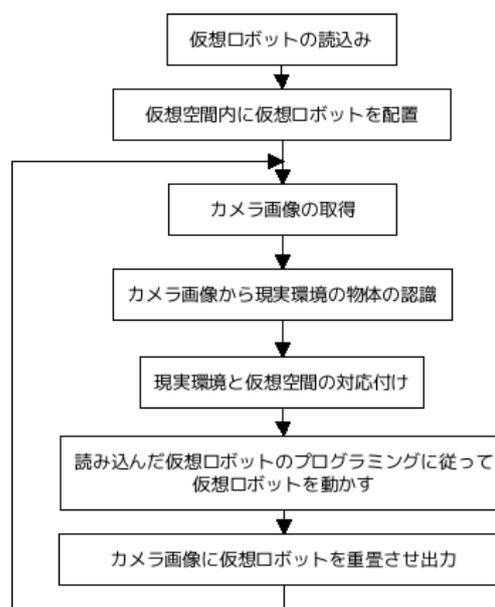


図3 シミュレーションの流れ

Fig.3 Flow of simulation

ロボットプログラミングを行うことが出来る．この時，状態遷移図は，ロボット設計エディタで決められたロボットの基本的な動作を組み合わせで作っていくことが出来る．こうして出来上がったロボット制御用コードは，一旦 XML ファイルとして保存され，その後，トランスレータによって NXT 用の Java コードに変換され，コンパイルされロボットに送られるようになっている．

本シミュレータでは，NXT 用 Java コードに変換される前の XML ファイルを読み込み，仮想ロボットの制御用クラスを作成して，仮想ロボットを制御している．こうした事で，仮想ロボットの制御と実機の制御に同じファイルが使えるので，シミュレーションの結果を簡単に実機製作に反映させることが出来る．

図4に本シミュレータと Lego プログラミング環境の連携の概要を示す.rcXML(RobotControlXML)はロボットの制御法を表している XML ファイル，rbbXML(RobotBasicBehaviorXML)はロボットの構成と rcXML を作るためのロボットの1つ1つの基本的な動作を表す XML ファイル，ridXML(RobotImageDataXML)はロボットの3Dデータを表す XML ファイルである．

3.4.2 現実環境の認識

現実環境の認識は，本シミュレータで最も重要な部分である．この認識によって，ユーザは現実のものと仮想のものを同列に扱うことができる．認識はシミュレートの実行中リアルタイムで行っているため，シミュレート中の現実環境の変化を仮想ロボットの動きに反

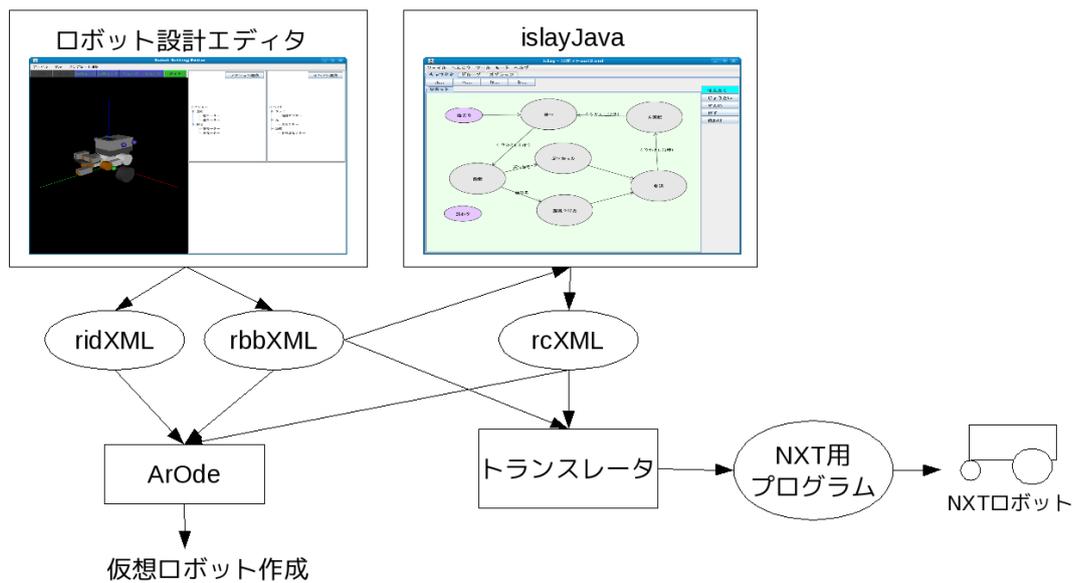


図 4 Lego プログラミング環境との連携概要

Fig. 4 Schematic of cooperation with environment of Lego-programming

映させることが可能である．以下に本シミュレータがどのように現実環境の認識を行っているかを示す．

● 物体

物体の位置や形，色の認識は，物体認識用マーカという名前のマーカを利用し，面単位で行う．以下に1つの面を認識するまでの手順を示す．

- (1) 認識させたい面に物体認識用マーカを貼る．
- (2) 物体認識用マーカをマウスで右クリックし選択する．
- (3) 面の各頂点をそれぞれ左クリックで選択する．面を認識することで仮想ロボットはその面に対して，ぶつかったり登ったりすることが可能となる．また，ライトセンサのシミュレート時に現実環境の色を反映させることも可能となる．

● 明るさ

光源認識用マーカという名前のマーカを利用し認識を行う．光源に光源認識用マーカを貼り付けることで，光源の位置と向いてる方向を認識する．ここでいう光源とは全方向に光を発するものではなく，懐中電灯のような一方に光を発するものを想定している．光源自体の ON, OFF や光の強さは光源の発光部分の明るさから判定する．つまり，発光部分がカメラ画像に入っている必要がある．

● 音

Web カメラに内蔵されたマイク，又は PC に接続されているマイクから自動で環境音を取得し，シミュレーションに反映させている．

4. ま と め

拡張現実感を利用したロボットシミュレータ「ArOde」について述べた．今後は，アンケート調査と実機との動作比較実験を行い，より実機に近いシミュレートの実現を目指すと共に，例えば物体の材質等認識できる現実環境の追加について検討していく．

参 考 文 献

- 1) Go Simulation!: <http://techno-road.com/products/gosimulation.html>.
- 2) Simbad: <http://simbad.sourceforge.net/>.
- 3) 歴本純一，小林垂令，山崎順一，金村星日，大石岳史，角田哲也，罇 五郎，松崎和賢，濱野智史，橋本 直，武部健一：AR のすべて，日経 BP 社 (2009).
- 4) ARToolKit: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- 5) Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces: <http://www.robots.ox.ac.uk/gk/PTAM/>.
- 6) Open Dynamics Engine: <http://www.ode.org/>.
- 7) mindstorms: <http://mindstorms.lego.com/en-us/Default.aspx>.
- 8) 竹原陽道：ロボット制御プログラミング環境の設計と実装，修士論文，成蹊大学大学院，工学科研究科 (2009).