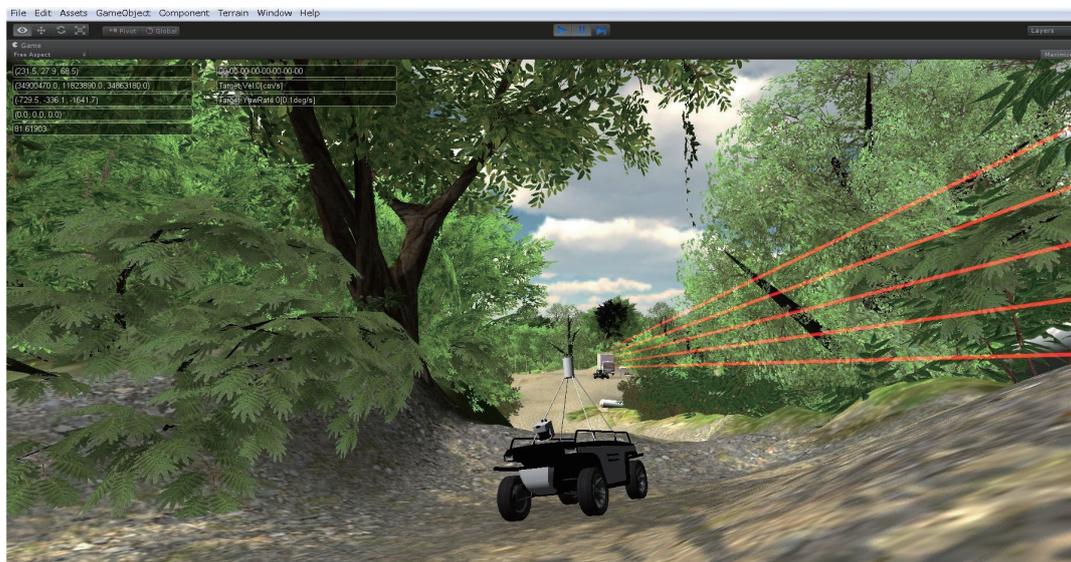


無人車開発用環境シミュレータの開発

Development of an environment simulator for use in developing unmanned vehicles

平松 裕二 藤井 北斗 神谷 剛志 望月 靖之 大沼 和樹



無人車開発用の環境シミュレータ

Abstract

Yamaha Motor Co., Ltd. has been developing unmanned vehicles (UVs) designed to perform outdoor surveying and observation in the place of humans (Yamaha Motor Technical Review, 2008-12 No. 44, pg. 49). These UVs travel on suitable routes by using GPS positioning data and perimeter data from a laser sensor (Fig. 1). Among these vehicle functions, it is effective to use computer simulation to develop the laser sensor's recognition capability (accuracy). Therefore, we utilized programming tools for game development and succeeded in the development of an environment simulator complete with previously unavailable functions like a virtual 3D environment of an off-road course comparable to an actual test course, and a "vehicle eyes" function (recreating the laser sensor's function for obtaining large volumes of data about the surrounding terrain and distances on the virtual course).

1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)ではこれまで、屋外で人の代わりに測量や監視などを行う無人ビークルを開発してきた^[1]。無人ビークルはGPSによる位置情報とレーザセンサによる周辺情報にもとづいて適切なルートを選択して走行する(図1)。その中でもレーザセンサによる認識機能を開発するためには机上検証可能なシミュレータの活用が必要になる。

そこで今回は、ゲーム開発に用いられるツールを活用して、「実際のテストコースに相当するバーチャルな3次元オフロードコース環境」や、「車両の目となる機能(レーザを飛ばし周囲の地形距離情報を大量に取得する機能をバーチャルコース内で再現)」といった、従来にない機能を搭載した環境シミュレータを開発した。



図1 オフロード環境と無人車

2 開発のねらい

一般的なドライビングシミュレータの活用も考えられるが、それらの多くは今回の無人車両の開発へそのまま適用することはできない。なぜなら、一般的なドライビングシミュレータは舗装された道路環境を想定しているからである。さらに、図2のような走路環境を判断するための大量の距離情報を取得する機能は搭載されていない。

そこで、以下2つの機能の作りこみを目指した。

- ①複雑なオフロード環境の再現
- ②実機に搭載されているレーザセンサ機能

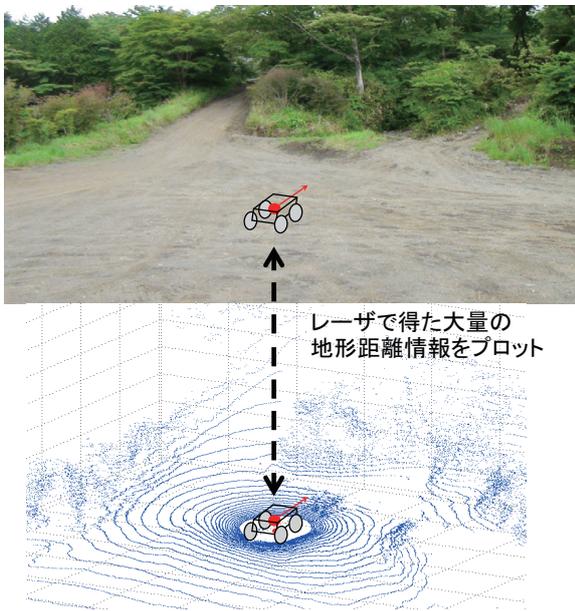


図2 無人車がレーザセンサで見ている周囲の走行環境

3 環境シミュレータの特徴

3-1. ゲーム開発ツールの活用

今回目指した環境シミュレータは、ロボットカーが走るオフロードレースゲームのような舞台である。我々はこの舞台を作るため、ゲームエンジンと呼ばれているゲーム開発に用いられるツールを活用した。着目した理由は主に2点ある。

①ゲームのリアル志向と計算機能力の向上

特に欧米系のゲームは3D表現でのリアル志向が高く、コンピュータの進化とゲーム業界の飽くなき表現力追及により、描画処理や物理演算(リンゴが木から落ちる、といった物理法則をゲーム内で再現する計算)等の能力は、実環境そのものを再現するようなレベルになってきている。つまりリアル志向のゲームを作るということは、シミュレータ開発そのものという捉え方ができる。

②開発自由度の高さ

プログラミング言語を用いれば、ゲームエンジンの機能をカスタマイズすることができる。今回我々は、後述するレーザセンサや通信の機能を独自に開発し、無人車開発に応用した。

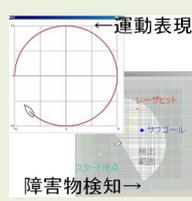
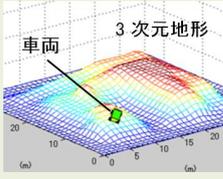
3-2. 従来の無人ビークル開発用シミュレータとの比較

表1に、従来の開発用シミュレータの機能比較を示す。

事例1は無人小型船の運動や障害物検知を、事例2は無人車の3次元環境での走行をそれぞれ再現している。

表1に示すとおり、今回の環境シミュレータでは、表現力や車両運動、障害物検出などの機能が著しく向上している。

表1 従来の開発用シミュレータとの機能比較

	事例1(無人船用)	事例2(無人車用)	今回の環境シミュレータ事例
実行イメージ			
用途	船の運動、障害物検出	3次元地形上の運動	3次元地形上の運動、障害物検出など
表現力	△ (一部対応) 2次元平面のみ	△ (一部対応) 3次元の簡易地形のみ	◎ 3次元の任意地形、物体配置など
車両運動	○ (対応) 力学計算あり	△ (一部対応) 幾何学計算のみ	◎ 力学計算、3次元空間に対応
障害物検出	△ (一部対応) ログデータのみ	× (未対応)	◎ レーザセンサ相当の機能搭載

4 環境シミュレータの機能

開発した環境シミュレータの主な特徴を以下に紹介する。

4-1. コース環境編集

図3のようなコース環境は、実際のオフロードコースに近いものを再現するため、簡易的に測量したデータを基にまず地形を作成し、その後コース上の草木や岩場に相当するデータを配置した。



図3 コース全体像

コース環境の作成は、3次元の編集画面でマウスを操作して、土木工事感覚で土を盛ったり減らしたり、また草木や岩場などは造園感覚で適当な場所に配置したり大きさを変えたりしながら作業を進められる。オフロードコースなので、走路となる部分で路面摩擦に相当する数値を調整して、すべりやすい路面などを再現することもできる。

図4に実際のコースのコブ地形と、環境シミュレータの同様な地形を並べる。



図4 地形表現の例（上：実環境、下：シミュレータ）

4-2. 車両運動

環境シミュレータ内部には高度な物理演算機能が備わっており、3次元地形環境で、4輪車両モデルを運動力学に基づいて動かすことができる。本シミュレータでは、勢いをつけて路面凹凸部に突進させるとジャンプしたり、重い車両は軽い車両に比べて急に止まれないなどの状況を再現できる。

高額なセンサを積んだ実機では困難な、きわめて過酷な状況下における走行も、環境シミュレータ上なら可能である(図5)。

今回我々は実機の走行性能データを用いて車両モデルの改良とチューニングを行い、環境シミュレータ上の加減速や旋回性能を実際の車両に近づけた。

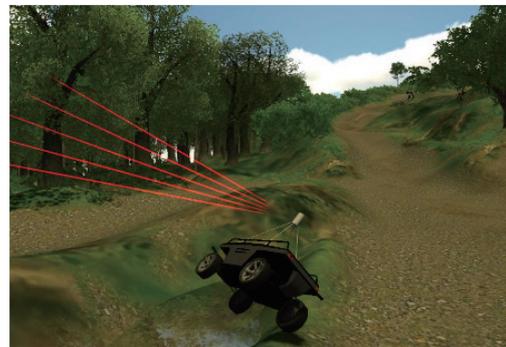


図5 過酷な状況下における走行例

4-3. レーザセンサ

環境シミュレータ内でも、車両の目に相当する機能を実現する。実際のレーザセンサと同じように大量のビームを飛ばして、車両周囲の数万ポイントという地形距離情報を取得する。レーザの出し方は、実機に搭載するセンサと同じである。

このような用途は無人車開発特有であり、プログラミング言語によりバーチャルなテストコース内で大量に距離情報を取得できるようにした。

結果的に市販のドライビングシミュレータ等では実現されていないような機能を実現することができた。

本機能が動作する様子を図6に示す。



図6 レーザセンサ機能イメージ
(赤い表示がレーザの当たっている所)

4-4. その他機能

環境シミュレータ上で取得した車両の位置姿勢やレーザセンサによるポイントデータを、通信ケーブル上で送受信できる機能も開発した。

通信先は実機に搭載する車両のアタマ(コンピュータ)である。これにより、車両の賢さ(コンピュータ上で動かす無人車のソフトウェア)を、まず環境シミュレータのテストコース内で確認し、問題がなければそのまま実車両と実環境でのテストができるようになる。

5 おわりに

無人車の実際のテストは1日掛かりで行う。走行回数は限られ、テスト中の安全確保や監視なども大変な労力を必要とするが(図7)、環境シミュレータにより、オフロード環境でレーザセンサを扱うソフトウェアの動作確認を机上で行えるようになった。測量や監視などの屋外作業では、人の手間を軽減するため、無人ビークルが周囲の状況を判断し、より賢く動くことが望まれている。シミュレータ環境を有効活用し、車両の自律度向上に対する期待に応じていく所存である。



図7 実環境でのテスト走行風景

■参考文献

[1]石山健二、神谷剛志:ロボットカーによる建設現場における無人測量、および経路追従制御のための位置・姿勢推定技術;ヤマハ発動機技報 2008-12 No.44

■著者



平松 裕二

Yuji Hiramatsu

技術本部

研究開発統括部

イノベーション研究部



藤井 北斗

Hokuto Fujii

技術本部

研究開発統括部

イノベーション研究部



神谷 剛志

Tsuyoshi Kamiya

技術本部

研究開発統括部

イノベーション研究部



望月 靖之

Yasuyuki Mochizuki

ヤマハモーター

エンジニアリング株式会社

電装制御部



大沼 和樹

Kazuki Oonuma

ヤマハモーター

エンジニアリング株式会社

電装制御部