

# バーチャル砂場システムの開発

## —砂の3D表示ライブラリと砂場遊びへの応用—

### 1. 背景

近年、仮想彫刻システム、仮想粘土細工システムのようにユーザーが対話的にコンピュータ上で創作を行うためのシステムの開発が盛んに行われている。これらのシステムは本来CGのためのモデリングを直感的に行うために開発されたものである。しかし、本来、彫刻や粘土細工は芸術の要素を帯びており、人間の感性を高めるという意味ではコンピュータ上での仮想的なシステムでも近い効果が得られるのではないかと考えられる。

本プロジェクトでは、対話的に変形を行う対象を「砂」とした。砂もまた物体の作用によって容易に変形できるという点で粘土と似た性質を持っているが、自然に崩れるという性質は砂に特有のものである。また、枯山水庭園(石庭)の敷砂に見られるように、砂によって表現される模様も芸術の要素をもち、人間の感性を高めるという効果も期待できる。一方、直感的なユーザーインターフェースを備えることによって、子供のためのソフトウェアとしても有用になることが考えられる。

### 2. 目的

本プロジェクトの目的は、PC上に砂場を再現するためのシステムを開発することである。このシステムによってユーザーが対話的に物体を動かすことで、PC上で仮想的な砂場遊びをすることができる。例えば、バケツやシャベルで砂をすくったり、砂を運んだり、バケツを傾けて砂を落とすといった操作が可能である。子供でも使えるようにすることを目指すため、高価なワークステーション等を使わず、家庭にあるような一般的なPCを用いて動作させることも目標とする。

ただし、大量の砂粒子一粒一粒の動きをインタラクティブな速度で計算するのは、現在のPCでは困難である。そこで、本プロジェクトでは砂の動きをまとめて計算できる範囲を計算対象とする。特に砂に特有の現象である崩落、すなわち砂地の傾斜が急になると砂が崩れてほぼ一定の傾斜を形成するという現象を計算対象とした。

砂場遊びをするためのソフトウェアを開発するために、まずベースとなるアルゴリズムをライブラリとして開発する。ライブラリには砂の動きの計算や砂地のレンダリング(描画)に関する機能を持たせておく。本プロジェクトでは目的を仮想的な砂場の再現に限定したが、このライブラリは他のシステムへの応用も可能である。例えば、砂地を含むようなバーチャルリアリティシステム、ゲーム、ブルドーザーシミュレーター、ドライブシミュレーター等に適用できる。

### 3. 開発の内容

まず本プロジェクトで開発したシステムの構成について述べる(図 1 参照)。本プロジェクトは二つのソフトウェアから構成される。まず、砂地の変形・表示のためのライブラリである「SunabaLib」、そして、砂場遊びと砂場でペイントするためのアプリケーションである「バーチャル砂場遊び」からなる。図 1 に示すように SunabaLib は砂地の表示のために OpenGL を使用している。同図に示したように SunabaLib を利用するアプリケーションとしては、砂地を走行する自動車などのドライブシミュレーター、ブルドーザーシミュレーター、

ゲーム・アニメーションの一部等にも適用することが可能である。本プロジェクトでは子供向けのソフトウェアを開発するという目的のために、PC上でインタラクティブに砂場遊びをすることを目的とした「バーチャル砂場遊び」を開発した。また、砂場でのペイントを目的としたアプリケーションである「砂場でお絵かき」を「バーチャル砂場遊び」の一機能として開発した。

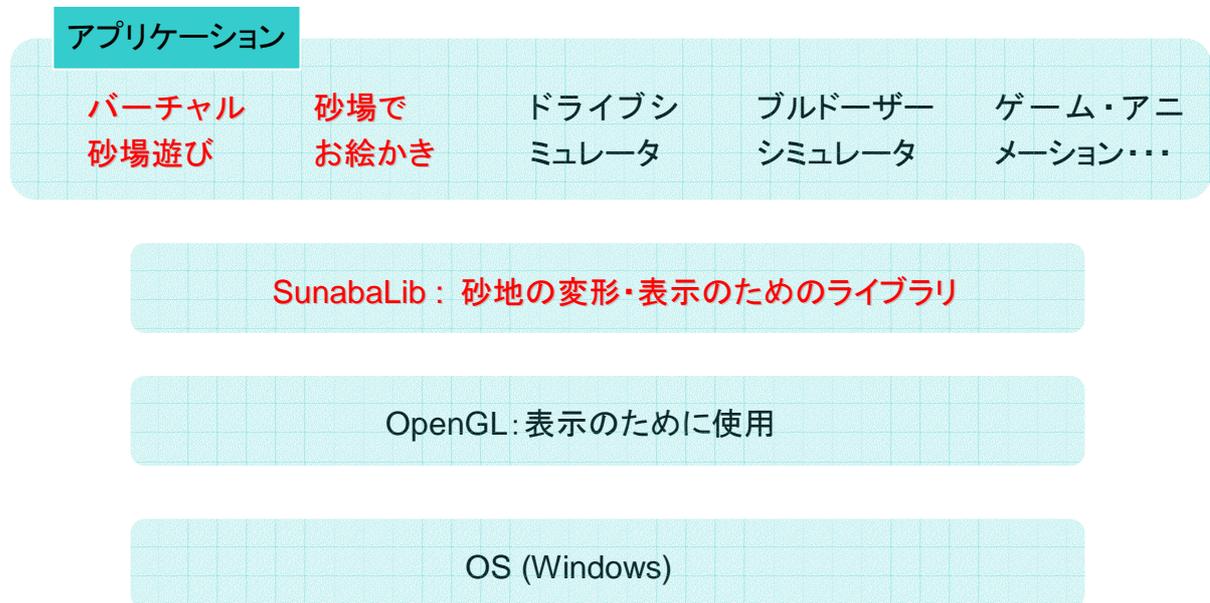


図 1 システムの構成

### 3.1 「SunabaLib」

SunabaLib には以下の機能を実装した。

- A) 地面のデータを保持する。  
データ構造は基本的には浮動小数点数の2次元配列である。
- B) 物体データの読み込みとOpenGLによる表示。
- C) 物体上の砂の表現。
- D) 物体の衝突による地面の変形の計算。
- E) 砂のレンダリング。
- F) 風紋生成機能。地面全体に風が吹いた場合を想定し、風紋を生成する。

SunabaLib の実装では、プログラミング言語にC++、3次元表示にOpenGLライブラリ、MFC、GDI+等を用いている。したがって、動作環境はWindowsのみである。

### 3.2 「バーチャル砂場遊び」

「バーチャル砂場遊び」はSunabaLibを用いたアプリケーションソフトウェアとして開発した。実行画面を図2に示す。ソフトウェアの主な目的は、PC上で砂場遊びを再現すること、そして砂場上のペイントシステムとしての機能ももたせることである。具体的には以下の機能を実装した。

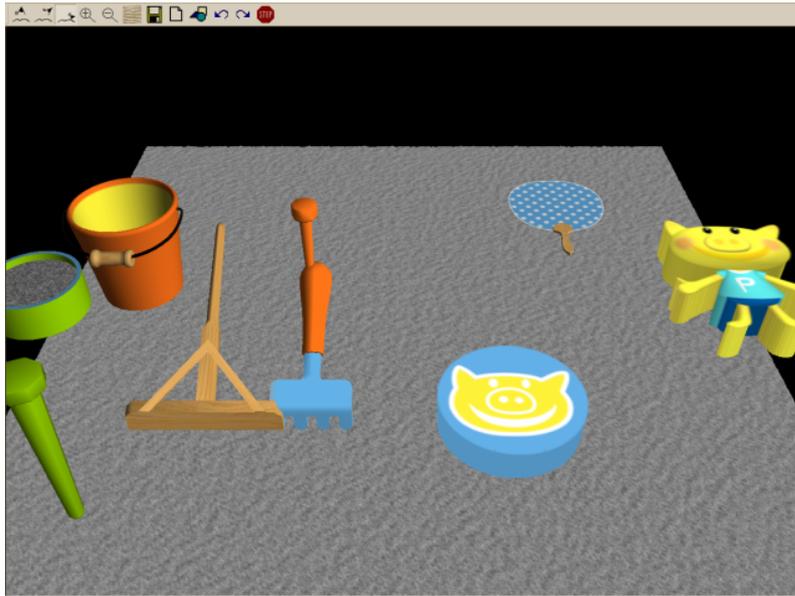


図 2 「バーチャル砂場遊び」実行画面

- A) 道具を使って砂を動かす。
- B) 視点移動  
砂場や物体は3次元表示を行っているため、自由に視点移動が可能である。これにより、様々なアングルから砂の動きを観察できる。
- C) 風紋生成機能  
風紋生成ボタンをクリックすると風が吹き始め風紋が生成される。もう一度クリックすると風が止まる。また、「団扇」の形をした物体を読み込むこともできる。団扇の存在する位置から団扇が向いている方向に局所的に風を吹かせることができる。
- D) スタンプ機能  
スタンプを生成できる。上下運動をして砂に接触したらスタンプの跡が残る。
- E) フルイ機能  
フルイの底面から砂が落下する。フルイを振り続けることにより砂山を作成したり、穴を埋めたりすることも可能である。
- F) カスタマイズ機能  
設定ファイルにより砂場の外観や読み込む道具の種類、スタンプの画像ファイル等を設定できる。カスタマイズのサンプルとして下図に示すような「石庭シミュレーター」を作成した。

バーチャル砂場遊びの実装では、プログラミング言語にC++、ユーザーインターフェースにMFC、画像管理にGDI+等を用いている。したがって、動作環境はWindowsのみである。

### 3.3 「砂場でお絵かき」

「砂場でお絵かき」は「バーチャル砂場遊び」に次の機能を追加することにより開発した。

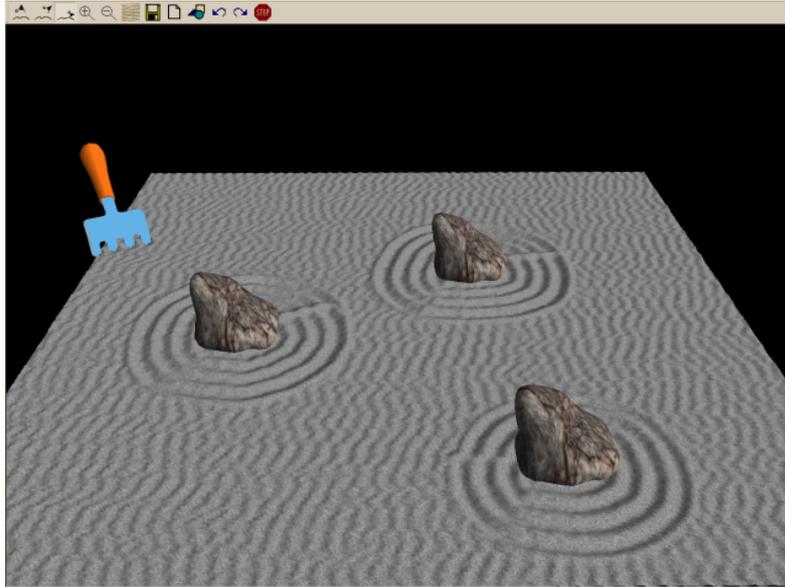


図3 「バーチャル砂場遊び」のカスタマイズ例（「石庭シミュレーター」）

- A) ペイント機能
- B) UNDO・REDO 機能
- C) アニメーション作成機能

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

本プロジェクトでは、「SunabaLib」と「バーチャル砂場遊び」を開発した。リアルタイム計算可能な砂シミュレーターとしては、物体の接触跡、引きずり跡、物体上の砂等をすべて表現可能なものは従来存在せず、SunabaLibによりこれらの表現が可能となった。また、子供向けソフトウェアとして、砂場遊びをするための「バーチャル砂場遊び」も SunabaLib の存在により実現可能となった。また、現実的な遊びとして普及している砂場遊びを3次元CGを用いたソフトウェアで実現したものは「バーチャル砂場遊び」が初めてと思われる。

#### 5. 期待される効果

本プロジェクトで開発したライブラリ「SunabaLib」を使用することで、従来困難であった砂の動きのリアルタイムシミュレーションが可能となり、砂地を含むようなバーチャルリアリティシステム、ゲーム、ブルドーザーシミュレーター、ドライブシミュレーター等への応用が期待される。

#### 6. 普及の見通し

今後も引き続き、「SunabaLib」および「バーチャル砂場遊び」の開発を続け、SunabaLib に関してはライブラリとしての使い勝手の向上、そしてバーチャル砂場遊びに関してはユーザーによる操作性の向上を図る。そして、バーチャル砂場遊びを公開し一般ユーザーからの反響を見る一方で、アプリケーション開発者へのライブラリの普及を目指す。

#### 7. 開発者名

尾上 耕一（プロメテック・ソフトウェア株式会社 onoue@prometech.co.jp）

（参考）<http://www.prometech.co.jp>