

L-055

## タイルプログラミングを用いた3次元協調創作環境構築の試み Development of a 3D Collaborative Creation Environment with Tile Programming

高田 秀志<sup>†</sup>  
Hideyuki Takada

### 1 まえがき

現在、コンピュータの教育への活用が広く行われているが、我々は Squeak eToy[1] と呼ばれるオブジェクト指向図的プログラミング環境を用いて、プログラミングを通じた論理的思考力や問題解決能力の向上、数学的・科学的概念の習得を目的とした教育・学習環境の構築を行っている[2]。この Squeak eToy も含めて、現在のコンピュータ上での学習環境は、各学習者がパソコンの前でそれぞれ課題に取り組む、といったものがほとんどである。そのため、実際に小学校などでワークショップを開催して実践を行ってきた経験では、興味を持続できずに投げ出してしまったり、問題が解決できずに先へ進まなかったりといった光景がよく見受けられる。

その一方で、100ドルラップトッププロジェクトのように、教室の子供たちがすべて自分のパソコンを持つことができる環境は今後さらに拡大していくと考えられ、教室内の学習における学習者間の協調をどのように行うかは重要な課題となっている。

このような状況を考慮して、我々は下記のような特徴を持つ学習環境の構築を目指している。

- 従来の2次元的な図形ではなく、より現実味のある3次元グラフィックスにおけるプログラミングを通じた「もの作り」の環境
- 教室内で学習者それぞれがコンピュータを持ち、協動的にプログラミングを通じた学習ができる環境

プログラミング環境としては、Squeak eToy で採り入れられているタイルプログラミングを用いる。3次元グラフィックスにおける図的環境を利用したタイルプログラミングとしては、Alice[3] が知られているが、複数ユーザが協調して一つの作品を作り上げる、というような機能は提供されていない。また、主として物語をプログラムとして表現することにより、コンピュータを専門としない大学生レベルのプログラミングリテラシーを向上させることを想定しているため、初等・中等教育レベルの学習者が使うには構造がやや複雑である。

本環境では、3次元オブジェクトの挙動を記述するのに必要かつ十分なシンプルなタイルを用意し、小学生でも容易にプログラミングが可能な環境を提供する。また、利用者間協調の枠組みとしては、オープンソースとして Croquet Project により開発されている3次元ピアトゥピア環境” Croquet”[4]を用い、教室における協調学習に適した形態に拡張を行う。

### 2 Croquet の計算モデル

Croquet では、ネットワークに参加している全ピア上で一つの3次元空間を共有することにより、利用者間の協調を実現している。

Croquet の計算モデルでは、ある仮想的なオブジェクト群が、参加している全てのピア上にクローンとして存在し、オブジェクト間のメッセージ通信もすべてのピアで同じように実行される。すなわち、全てのピアが同一のオブジェクト構造を保持しており、あるピアでオブジェクト間

のメッセージ通信が発生すると、それが直ちに他のピアに伝播され、同じオブジェクト構造が保持される。

Croquet 上でのオブジェクトは視覚的に3次元空間に配置され、ネットワーク上のすべてのピアで同じ空間を共有することができる。

### 3 教室における協調創作モデル

教室での学習者間の協調を支援するため、まず、プログラミングによる創作活動を想定した場合にどのような形態が望ましいかの検討を行う。

一般的な学校に設置されているいわゆるパソコンルームでは、ネットワークで接続された学習者用のパソコンと、教師が説明を行うための教師用のパソコンが存在している。この環境を利用して協調創作活動を行う場合には、創作物を共有するための共有空間と、各学習者が個別に創作を行うための個人空間を用意するのが妥当である。

本環境で実現する協調創作環境の構成を図1に示す。共有空間は、各学習者が用いるピアと、プロジェクト等を用いて参加者全員で共有する教師用のピアで共有され、すべて同じ状態に保持される。一方、各学習者のピア上には、それぞれが自分の創作を行うための個人空間が設けられ、共有空間から個人空間へ「ポータル」と呼ばれる窓口を介して移動することを可能にする。また、個人空間でプログラミングを行った創作物は「発行」と呼ばれる手続きにより共有空間へ送られ、すべてのピアで共有することを可能にする。

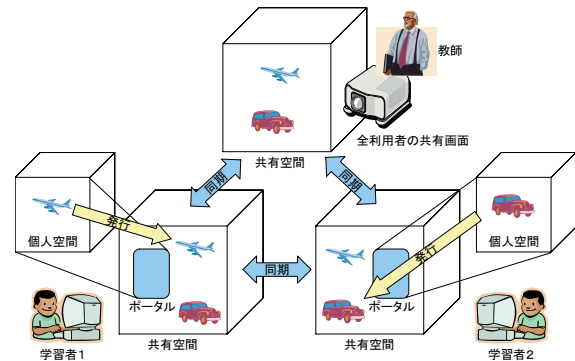


図1: 協調創作環境の構成

### 4 プロトタイプの構築

本節では、これまでに述べた方針に従って Croquet 上で実現した協調創作環境のプロトタイプについて述べる。

#### 4.1 タイルプログラミング環境

3次元オブジェクトの状態は、位置と回転により表現することができる。位置は横方向を X 軸、縦方向を Y 軸、奥行き方向を Z 軸とした3軸の座標として表現され、また、回転は X, Y, Z 軸のそれぞれを中心とした回転角によって表現することができる。

さらに、3次元オブジェクトの移動を表現するために、Squeak eToy で採り入れられている“forward by”(進む) タイルを導入する。進行方向は水平方向の角度に加えて、垂直方向の角度(仰角)も必要となるため、この進行方向を変

<sup>†</sup> 立命館大学情報理工学部

化させるタイルとしては、“turn horizontally by”(水平方向へ回す) タイルおよび “turn vertically by”(垂直方向へ回す) タイルを導入した。また、現在の進行方向角度は、“heading horizontal”(水平方向) タイルおよび “heading vertical”(垂直方向) タイルで取得できる。

このようなタイルを用いて作成したスクリプトの例を図2に示す。これは飛行機の離陸の様子を表現するためのスクリプトであり、静止状態から加速し、ある一定の速度になると目的の角度になるまで翼方向を軸として回転させて機首を上げる、というものである。Squeak eToyのプログラミング環境では、このスクリプトは一定時間間隔で繰り返し実行されるため、時間軸に沿ったシミュレーションを容易に作成することができ、科学現象の表現に適していると考えられる。

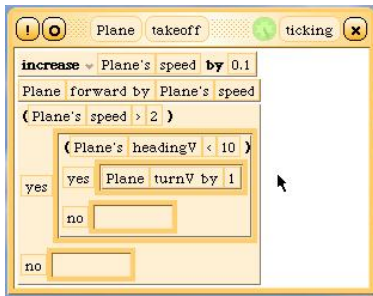


図2: スクリプト例

## 4.2 協調創作管理

先に述べたように、Croquetはネットワーク上に存在しているすべてのピアが同じ空間を共有することができる仕組みを提供している。これを利用して、前節で述べたタイルプログラミング環境により作成された3次元オブジェクトをピア間で共有することにより、協調的な創作環境を実現する。

Croquetでは、「ポータル」と呼ばれる画面上の窓を通して、複数の空間の間を移動することができる。この機能を利用して、個人空間と共有空間の連携を実現する。

図1に示したように、各利用者は個人空間へ移動するポータルを共有空間内に持っている。ここで、Croquetの通常の計算モデルでは、すべてのピアが同じ空間を共有しているため、各利用者のポータルはすべて共有空間内に現れることになるが、本環境では、各利用者には自分の個人空間へ移動するポータルのみが見えるように拡張を行う。具体的には、個人空間およびポータルの生成自体は全ピアに伝播されるが、ポータルの共有空間への追加は、自分のピア上でのみ行われるようにする。

個人空間内では各利用者が3次元オブジェクトに対してタイルプログラミングを行い、完成すれば、共有空間に「発行」という手続きを用いて公開する。発行された3次元オブジェクトはすべてのピア上で共有される。

## 4.3 応用例

本節では、本環境を実際に学習活動に適用する上での応用例について述べる。

### 4.3.1 物理シミュレーション構築

物理的な現象をシミュレーションプログラムを作成して理解することは有効であると考えられる。例えば、図3に示すように地球を周回する衛星の挙動を数式として表現し、初期速度や衛星と地球の距離をパラメータとして変更することにより、軌道がどのように変化するかを観察することができる。

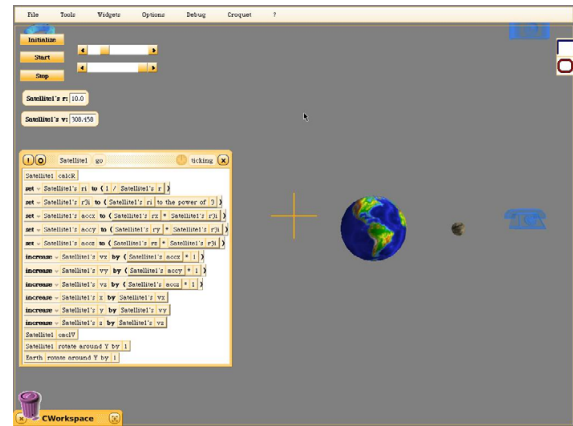


図3: 軌道シミュレーションの作成例

共有空間内に存在している他人が作成した3次元オブジェクトの状態は、ピア上の全利用者で参照可能である。これにより、オブジェクト間が相互作用を行うようなシミュレーションを学習者間で分担して作成することも可能である。

### 4.3.2 創作物の共同製作

従来の図画工作における共同製作を拡張し、例えば、街を構成する車、電車、飛行機などを学習者が分担して作成し、それらを組み合わせて一つの街を作り上げる、というような創作物の共同製作が可能となる。

このような協調創作環境を構築することにより、一つの目標に対して参加者それぞれに与えられた役割を果たすことが求められ、動機付けが向上したり、達成感を得られやすいといった効果が期待できる。

## 5 あとがき

本稿では、教室内での学習者同士の協調環境構築を目的とした3次元オブジェクトのタイルプログラミング環境と、協調創作機能について述べた。また、Croquetを拡張して実現したプロトタイプとその応用例について紹介した。

今後は実際の教育現場で活用可能なカリキュラムを構築し、適用と評価を行っていきたいと考えている。

## 謝辞

本研究は、筆者が京都大学情報学研究科在籍中に21世紀COEプログラム「知識社会基盤構築のための情報学拠点形成」の支援を得て実施された米ヒューレットパッカード研究所での滞在研究により実施されたものである。本研究の遂行に当たり有益なご助言を頂きました、Alan Kay博士、Andreas Raab博士、Kim Rose氏、Rick McGeer博士、大島芳樹氏、山宮隆氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] <http://www.squeakland.jp/>
- [2] BJ・アレン・コン(著)、キム・ローズ(著)、大島芳樹(監修)、喜多千草(監訳)、片岡裕子(訳)、高田秀志(解説): 子どもの思考力を高める「スクイーク」- 理数力をみるみるあげる魔法の授業、WAVE出版、Feb. 2005.
- [3] <http://www.alice.org/>
- [4] <http://www.opencroquet.org/>