

## 拡張現実ピタゴラ装置:自然なインタフェースのための授業

### AR Pitagora Machine: a practice for natural user interface

迎山和司

MUKAIYAMA Kazushi

**Abstract** AR Pitagora Machine is the name of a work which students make as a practice in Information Expression Basic I, one of classes at Future University Hakodate. This work leads audiences feel an illusion to connect between real and virtual world, as a real marble rolls into and through a computer display then get out from it. All classes are consist of 240 first-grade students in our school. And they are novices who didn't use any computer devices well until entering our school. The classes open in former season of the latter semester. We use original input-output units and Gainer mini, a microcomputer toolkit to control marbles. Through making a AR Pitagora Machine, this class aims to let students learn total skills for Natural User Interface, which seems to touch objects in a display directly. This paper reports this class guideline and conclusion that acted in past three times.

**Keyword** Natural User Interface, Education, Gainer

#### 1. はじめに

近年の電子機器は、まるで画面の中を触っているかのようなユーザーインタフェースを多く用いている。例えば Apple iPhone などの画面の表面を直接触るタッチパネルディスプレイや任天堂 Wii リモコンなどの加速度センサを用いてゼスチャを検出する装置がこれにあたる。このようなインタフェースをここでは NUI(Natural User Interface)と呼ぶ。これらが普及した理由には、多機能化した電子機器を、ユーザーに直感的に操作を理解してもらうという背景があったからである。今日では、デザイナー、エンジニアを問わず、電子機器のユーザーインタフェースの設計には、見て触って自然に理解できる NUI

デザインが求められている。この NUI を実現するためには、画面の中の世界つまり仮想世界を画面の外の世界つまり現実世界から直接操作できる感覚をユーザーに認識させることが重要な要素の一つになる。

#### 2. 拡張現実ピタゴラ装置

拡張現実ピタゴラ装置とは、公立はこだて未来大学にて実施されている授業の一つ「情報表現基礎 I」の課題作品名である。作品は、横長に作られた台の中央にノート PC を置き、左右に自作のレールを置いている。向かって左側のレールの端からビー玉を転がすとビー玉は仮想現実のノート PC の画面を通りぬけ、右側のレールからまた出てくる。(図 1)

本来、ピタゴラ装置はNHK 教育テレビの「ピタゴラスイッチ」[1]という番組内で放映される一連の装置を指す。オリジナルはループ・ゴールドバーグ・マシンと呼ばれ、例えばたった一本のマッチを点けるために大げさな機構と手順でそれを実現させるという目的よりも手順を楽しむ装置から発展している。

本授業では、この作品の制作を通して、NUIの実現を総合的に学ぶことを目的としている。

1. 課題の説明, 台とレールの制作
2. 電子パーツの制作, サンプルを完成
3. ソフトウェアの制作, アイデアスケッチ(宿題)
4. アイデアスケッチの講評会, 本格制作開始
5. 制作続き。
6. 制作続き。
7. 制作続き。ビデオ撮影を宿題とする。
8. 合評, 部品回収, 後片付け

図 2 各回の内容

### 3. 受講する学生

受講する学生は1年生全員の約 240 名である。入学時にはコンピュータを触ったことがない学生が大半を占める。公立はこだて未来大学の特徴として、全学生にノート PC を所持することを義務付けている。基本的に所持するノート PC の機種は自由であるが、前述の通りコンピュータを知らない学生が多いため、公立はこだて未来大学で推奨するノート PC を入学時に購入する。そのため、ほとんどの学生が同じ機種のノート PC を所持している。機種は Windows7 が動くノート PC である。

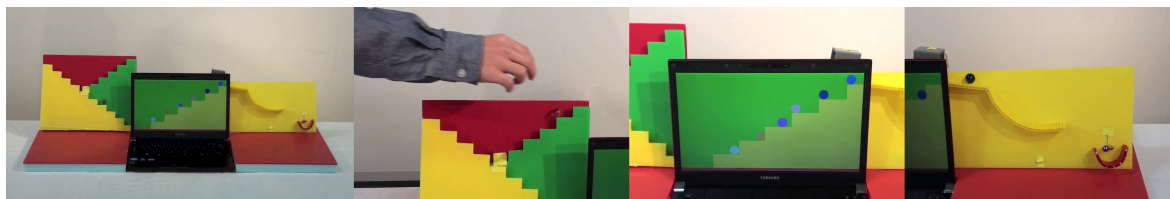


図 1 拡張現実ピタゴラ装置のサンプル

### 4. 授業内容

授業は1回あたり 90 分の授業を2回に合わせて3時間にして、週1回で計8回行う。各回の内容は図2に示す。また、受講する時期は10月から11月半ばにかけてである。これは学期で言うと後期前半にあたる。つまり、学生は前期に Processing を用いてプログラミングの基礎知識を学んでおり、後期後半で本格的に C 言語を学ぶ。本授業はその橋渡しの位置づけになっている。

### 5. 授業体制



図 3 授業風景

前述の通り 240 名が受講するが、これを 40 名1クラスとして、計6クラスで運用している。各クラスに教員1名、TA（ティーチングアシスタント）1名を配置している。ただし、初めの2回と最後の1回には TA 2 名を配置している。

指導要綱は wiki ページ[2]を作成して公開している。その中には、基本的なレールの作り方とサンプルコードがあり、学生はサンプルを一通り制作してから、そのサンプルを改造していくことによって自分の作品を制作する。

## 6. 機材と材料

学生には自分たちで用意するノート PC、カッター、定規以外には以下の物を渡している。

### 6.1 入出力ユニット

ビー玉の制御には、本授業で用意した入出力ユニットを使う。(図4) 入力ユニットにはビー玉が中に入ったかどうかを判断するセンサがついている。状態の判断には RPR-220 というフォトリフレクタを使用している。回路は+Gainer という書籍[3]を参考に、小さくまとめるために基板を自作した。出力ユニットはビー玉を中に置いておきバーが上がることによってビー玉が出てくる仕組みになっている。バーの上げ下げにはサーボモータを使用している。大きさや性能によって様々な種類があるが、本授業はゲートバーの上げ下げだけが目的なので最も安価なサーボモータを採用した。

### 6.2 Gainer mini

フォトリフレクタとサーボモータの制御には Gainer mini[4]を用いている。Gainer mini はマイコンツールキット Gainer のバリエーションの一つである。本来 Gainer は情報科学芸術大学院大学(IAMAS)の小林茂らによるマイコン(1-Chip Micro Computer)を使いやすくするため開発されたツールキットである。この仕様はオープンにされていたため、そこからバリエーションが多く派生した。

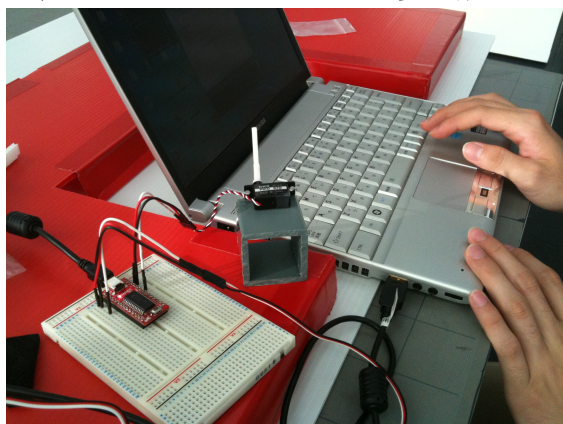


図 5 Gainer mini でユニットを操作する様子

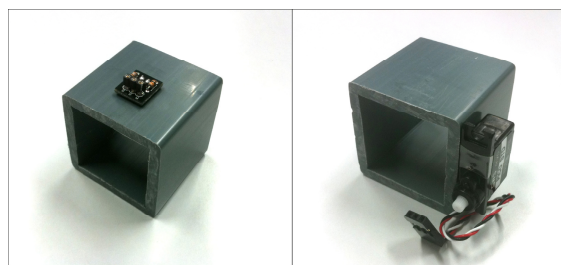


図 4 入力ユニットと出力ユニット

Gainer mini のその一つで、とりわけサーボモータを扱えるモードが備わっていたため採用した。(図5)

### 6.3 カラーダンボール板

台やレールにはカラーダンボール板を用いている。カラーダンボール板はカッターで切ることも容易でありながらプラスチック製で紙に比べて丈夫である。また、色も黒・白・赤・青・緑・黄と様々である。このため工作に慣れていない学生が作っても、仕上げの粗さが色彩の豊かさに隠れ目立たなくなる。また、レールや仕掛けは自分で用意しても構わない様に指導している。接着にはカラーガムテープを用いている。(図6)

### 6.4 Processing

画面内の表示とハードウェアの制御には Processing を用いている。Processing は前期の授業である情報表現入門で学生が体験済みであるため導入が容易である。基本的に Processing は全画面表示や細かなアニメーションがやりにくい、前者を Fullscreen、後者を Tween というライブラリを使うことに

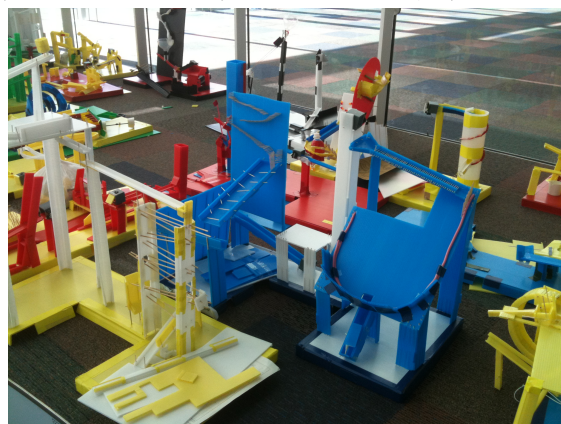


図 6 カラーダンボール板による作品



よって解決している。プログラムは予め授業側で用意している。コードには細かくコメントを入れて、各行がどういった命令なのかを説明している。

## 7. 指導要項

### 7.1 構想

作品制作にあたっては作業に取り組む前に、どのような内容にするか構想してもらう。基本的には、初めから終わりまで一貫した流れがあるようにストーリーを考えてもらう。とは言え、映画のようにセリフがあるわけではなく、動きの緩急で起承転結が生まれるようにすることを指導する。少なくとも最後には終了がはっきりと分かるようにオチをつけることを指導している。構想段階では絵コンテを描いて内容を深めてもらう。また、絵コンテの講評会を開いて一人ひとり発表してもらい教員がアドバイスをを行う。

### 7.2 制約

表現に際しては2つの制約を設けている。一つは文字を使用しないことである。もう一つは画像の使用禁止である。いずれも、単に文字を並べるだけや、内輪でしかわからない笑いを誘おうと漫画のキャラクタや友達の写真などを使用する安直な表現に陥ることを防ぐためである。

### 7.3 シームレス

現実世界と仮想世界がうまく繋がっているようにみせるには、画面の中と外のスケール感が同じだと考えるとうまくいく。つまり、画面は透明なガラス窓のようなつもりで現



図 7 合評風景

実世界と同じスケール感であることを意識すると、画面の中と外が繋がっているかのような感覚になる。バーチャル・マジシャンと呼ばれるマルコ・テンペストは買ったばかりの iPhone を紹介しつつ、画面からコインを出すといったマジック [5]などを披露したが、実際にはあらかじめ用意してあった動画に合わせて自身が演技しているのである。これは NUI について興味深い知見を示している。

## 8. 結果

図 8 にて学生による作品を紹介する。テーマは「分裂」で右から入ったビー玉が中で段々分裂していき、最後に左から沢山のビー玉が一斉に出てくるという内容である。レールの造形の作りこみ不足はあるが、授業の趣旨をよく理解しバランスよく成果として仕上げている。

## 9. 評価

### 9.1 合評

授業の最終回には全員の作品を並べて、一人ずつ作品を実演する。(図 7) その際、発表する学生には作品テーマと簡単な作品説明をしてもらう。実演は1回のみ。当然失敗



図 8 学生作品

は許されないが、合評までにあらかじめ成功した動画を撮影して、動画データとして提出していれば合格としている。また、残りの発表を聞く側の学生には評価シート(図9)を配り、発表する学生の作品を評価させる。評価シートは発表者が回収し、後日集計結果を提出する。

## 9.2 成績

成績は作品、出席率、授業態度等の総合評価によって決めている。この授業は期末に試験を行わない。したがって、原則は学則の出席率を満たし作品を提出すれば合格としている。

個々の成績については、240名の作品を一度に評価することは難しいが、評価シートに評価項目があり、統一された基準がある。それらを元に、相対評価で各クラスの教員ごとに評価をしてもらっている。最終的にはそれらを科目責任者が確認をして、成績の分布がクラス間で不均等にならないように調整した後、個々の成績を決定している。

**情報表現基礎 I**

課題評価シート

日付 月 日

1. 装置全体の見た目  
・美しく丁寧に組み立てられているか? また、表現テーマに沿った一貫性のある配色、形、構造を考えているか?

2. ビー玉の動き  
・マス目、軌道、アトラメント (小安珠良く軌道に動く、中つたりと壁際に動く、壁のよう動く等...) などがあるか?

3. 画面内の動き  
・プログラミングによる表現の丁寧さ、見た目からは想像出来ない「手配の動き」等の実現できているか?

4. 現実と非現実の関連性  
・ビー玉が画面の動きに基づいてどのように感じることができたか?

5. テーマとストーリー性  
・山崎、オチなどの要素があるか?  
・また、そのテーマに基づいてどのように表現した場合は「1」とすること。

6. コメント  
・自由記述。コメントがあれば書くこと。

※各項目の基準に従い、悪い1〜5良いで評価をして満点する数字に○をすること  
※回収方法は…  
・集計し A4 レポート用紙一枚に結果をグラフにしてまとめること  
・まとめた結果は 20 日授業にて教員まで提出すること  
・用意した評価シートは各自で処分すること

図 9 評価シート

## 10. 検証

学生からの授業評価アンケートによると、概ね授業内容に不満は見られない。

単位取得者は本授業で作品を完成させたことによって、コンピュータを利用した成果物制作の総合力が養われたと考えている。例えば、本授業ではマイコンツールキットを用いてフォトリフレクタとサーボモータを動かすが、この点から 240 名全員がハードウェアの制御を行えるようになったとみなす。ただし、あらかじめ用意されたキットを渡して動かしただけなので、内部の詳細な理解はできていない。

合評時の実演の成功率は約 1 割ぐらいである。多くが失敗しておりその場での達成感という成功体験を導けない。原因としては、レールの作りこみの甘さやフォトリフレクタを利用しているため外光の影響を受け易いことなどがある。ただし、実演の成功自体は前もって動画を撮影させることで補っている。

仮想世界の作りこみ、つまりソフトウェアの制作は抽象度が高いため敬遠されがちである。このため多くが現実世界のレールを作りこみ、作品のバランスに偏りが見られる。本来は両者をバランスよく作ることが望ましい。このためには構想段階でテーマをはっきりさせることが重要になる。

## 11. 今後の展望

### 11.1 授業の位置づけ

前述した通り、この授業は前期のプログラミング入門授業と後期後半の C 言語プログラミング授業の橋渡しの役割もある。前期で学んだ Processing によって実際の作品を作り、次に C 言語を学ぶことによって本格的なソフトウェア・エンジニアの学習することになる。しかしながら、多くのソフトウェア資産が C 言語によるものであることは事実であるとはいえ、C 言語はプログラミング初学者にとっては必ずしも学びやすい言語ではない。また、C 言語を学んだ後、その言語を使って具体的な成果物を作る授業がない。そのため C 言語の授業を充実させる必要

が出てきている。そこで本授業をすべてのプログラミング授業の集大成という位置づけにして、3つの授業のうちの最後にし、使用する言語もC言語にする改定案も出ている。

## 11.2マイコンツールキットの変更

本授業は2012年度で3回目となる。使用しているマイコンツールキットはGainer miniであるが、3回目となるとピンが折れてしまったり、ファームウェアが最新OSに対応できなくなってきたりしている。実際にGainer miniは2年目のノートPCでは動かなかったためファームウェアを全て更新した。マイコンツールキットが古くなるとこのようなメンテナンスにかかる手間増えてくる。このため来年度からはマイコンツールキットでは標準的になったArduinoに変更する予定である。

## 謝辞

本稿を執筆するにあたり、実施当初にアドバイスを頂き、また今回も執筆の機会を与えて頂きましたIAMASの小林茂先生に深く感謝いたします。

## 参考文献

1. **NHK**: ピタゴラスイッチ, 2012/10/13,  
<http://www.nhk.or.jp/kids/program/pitagora.html>
2. **迎山和司**: 拡張現実ピタゴラ装置, 2012/10/13,  
<http://goo.gl/jsz xu>
3. **GainerBook Labo, くるくる研究室**:  
+GAINER—PHYSICAL COMPUTING WITH  
GAINER, 初版; p102-103, 九天社 (2007)
4. **株式会社アールティ**: Gainer mini, 2012/10/13,  
<http://www.gainer-mini.jp/>
5. **Marco Tempest**: iPhone Magic, 2012/10/13,  
<http://www.youtube.com/watch?v=lcB8CKa73B0>