

## AR（拡張現実感）の導入による Place-based Learning の高度化

代表研究者 光原 弘 幸 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師  
 共同研究者 金西 計 英 徳島大学大学開放実践センター・教授

### 1 はじめに

近年、携帯情報端末や各種小型センサの普及により、Mobile Computing や Ubiquitous Computing の技術が実用レベルにまで達し、様々なサービスが展開されている。このような状況は学習（教育）支援の分野でも例外ではなく、実世界を指向する Mobile Learning や Ubiquitous Learning といった新しい学習が提供され、社会に浸透しつつある。

実世界を指向する学習の一つに“Place-based Learning (PBL)”がある。PBL では、学習者が教科書といった従来の教材だけで学ぶのではなく、実世界の場所を訪れてデジタル教材を参照しながら、五感を活用して実際のモノや現象を観察し、リアルかつインタラクティブに学んでいく。そのため、学習意欲の向上や知識の定着が期待できる。しかしながら、従来の PBL では、学習者の学習意欲を向上させたとしても維持することは難しい。よって、PBL に学習意欲を維持させる工夫が必要となる。

本研究ではこれまで、“実世界で学ぶこと”並びに“楽しく学ぶこと”の重要性を主張し、PBL の一形態として実世界 Edutainment を提案、システム開発、教育実践してきた<sup>[1][2]</sup>。実世界 Edutainment は、実世界で展開する Edutainment である。具体的には、学習者が携帯情報端末を持ち、実世界で展開する物語に沿って場所を訪れ、モノ（実物）を見たり触れたり、ヒトとインタラクション（コミュニケーション）しながら学習していく。これまで数回、小中学生向けの教育イベントでの教育実践を通じ、学習意欲の向上、それに伴う学習効果の向上を確認することができた。

しかし、現行の実世界 Edutainment システムには、（1）学習者の理解度等に応じた物語（学習系列）の分岐ができない、（2）実世界を認識する手段が十分でない、（3）複数学習者による協調的・競争的学習ができない、（4）教材のバリエーションと表現力に乏しい、といった課題がある。そこで、本研究では、これらの課題に取り組み、実世界 Edutainment の拡張、すなわち PBL の高度化をはかる。特に（4）について、近年注目されている AR (Augmented Reality: 拡張現実感) を導入して、リアリティの高い教材の提供を目指す。

## 2 実世界 Edutainment

### 2-1 概要

実世界 Edutainment は、携帯情報端末に装着した RFID (Radio Frequency Identification) や GPS (Global Positioning System) といったセンサを用いて実世界を認識し、物語に沿ってデジタル教材を提供するとともに、実際のモノや現象の観察だけでなくヒトとのインタラクションを織り交ぜて、学習を展開させる。物語は学習にゲーム要素をもたせ、学習意欲を向上させる。つまり、実世界 Edutainment は、実世界で展開する RPG (Role Playing Game) や AVG (Adventure Game) を通じた学習でもある。例えば、学習者の現在位置を GPS で取得し、その場所に関連するクイズを携帯情報端末に提示する。そして、学習者はその場所にあるモノやその場所にいるヒトからヒントを得てクイズに解答する。実世界 Edutainment の実践の様子を図 1 に示す。



図 1 実世界 Edutainment の実践の様子

## 2-2 関連研究

近年、実世界で展開する学習が盛んに研究され、その学習支援システムも多く開発されている。“AMULETS”と呼ばれるプロジェクトは PDA (Personal Digital Assistant) と GPS を用い、教室内外をシームレスに結ぶ学習環境を提供している<sup>[3]</sup>。安川らは、野外体験学習に PDA と GPS を導入し、デジタル地図上で動植物の観察結果を共有して、事前・事後学習に役立てるシステムを開発している<sup>[4]</sup>。“Musex”と呼ばれる RFID ベースのシステムでは、学習者が博物館の展示物を見ながら、PDA 上でクイズに解答し、展示物の理解を深めていく<sup>[5]</sup>。O'hara らのシステムでは、学習者が携帯電話を持って動物園内を歩き回り、動物の解説板に添付された 2 次元バーコードと連動して表示されるマルチメディア解説で動物について詳しく学ぶ<sup>[6]</sup>。

ゲーム要素と PBL との親和性は高く、Game-based PBL がいくつか提案・開発されている。例えば、Savannah というシステムでは、児童生徒がサバンナの動物（捕食者・非捕食者）になりきって GPS の情報を頼りに実世界を駆け回り、動物の生存競争の戦略性を学んでいく<sup>[7]</sup>。Squire らは、実世界で展開する物語と PDA で動作するシステムと融合し、これを拡張現実ゲーム (Augmented Reality Games) と位置づけている<sup>[8][9]</sup>。この拡張現実ゲームを通じて環境科学を学習する場合、「探偵が人々を環境汚染から守るために、その原因を特定する」という物語が用意される。そして、学習者は探偵になりきり、実世界の特定の場所で、仮想的な環境データを入手したり、仮想的なキャラクタから情報を得たりして、環境汚染の原因を特定していきながら、科学的な論証スキルを身につけていく。この拡張現実ゲームには、伝染病の発生源を特定する物語や、博物館から財宝を盗んだ犯人を捜す物語も用意されている。

## 2-3 初期システム

実世界 Edutainment の初期システムは PDA で動作し、GPS と RFID によりモノと場所から学習場面を認識して、その場面に対応する教材を提示する。つまり、学習者による特定の場所への移動やモノへのアクションがトリガとなって、物語（学習）が展開する。システムはスタンドアロンとなっており、学習内容が記述された XML 形式の物語ファイルを読み込み動作する。図 2 にシステムの構成を示す。

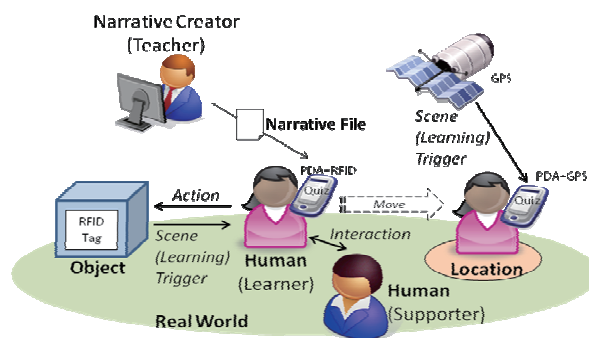


図 2 実世界 Edutainment システムの構成

### (1) 基本的な構成要素（機能）

#### ● 物語ファイル

XML 形式の物語ファイルには、脚本（登場人物や台詞など）、学習場面認識用データ（位置情報として緯度経度データ、モノの ID 情報として RFID タグデータ）、各場面で提示される教材の内容などが記載されている。学習場面の認識には順序性があり、システムはその順にそって学習場面を認識していく。物語ファイルは、教材部品や演出効果として必要な画像や音声ファイルとともに、PDA に格納されている。

#### ● 学習場面認識機能

物語ファイルから読み込まれたデータを基に学習場面を認識する。この機能は、位置情報を GPS から、モノの ID 情報を RFID から取得して、読み込まれたデータと比較し、学習場面を認識する。

#### ● 教材提示機能

物語ファイルより読み込まれたデータを基に学習場面に対応する教材を提供する。教材には単一選択式クイズを採用する。クイズの問題文、選択肢、正解、解答可能回数、解説（画像を含むことも可）は物語ファイルに記述されている。

#### ● 手書きメモ機能

システムはスタイラスによる手書きメモ機能を有している。描いた内容は PDA に保存することができる。

## (2) 学習の流れ

典型的な学習の流れを以下に示す。

1. 学習者はヒト（演者）から物語の説明を聞く。併せて、システムの操作法を教わる。
2. 特定の場所へ移動する。
3. 学習場面と対応づけられたクイズが PDA に表示される。
4. 学習者はモノや周囲の状況を観察しながらクイズに解答する。
5. クイズが難しい場合、学習者はヒト（演者である教師や助言者）とのインタラクションを通じて、助言を受けながら正解を考える。
6. クイズに正解するか、正解できないまま解答可能回数を超えると、次の場面を求めて 2. へ戻る。
7. 全てのクイズに解答すれば学習終了となる。

### 2-4 初期システムの問題点

#### (1) 物語の分岐に対応していない

例えば、次の学習場面として複数の場面を設定することや、クイズの正誤によって次の学習場面を変えることができない。つまり、物語が線形構造を有しており、学習者の意志や理解度、振る舞いによって物語を分岐させることができず、学習内容を変えることができない。

#### (2) 学習場面の認識が限定されている

GPS の緯度経度のみで現在位置を認識しているため、現在位置を基点とした方角や学習者の注目点から学習場面を認識することができない。また、RFID タグは学習者の手に届く範囲のモノに張り付けなければならず、学習場面が限定される。このように、GPS や RFID だけでは学習場面が的確に認識されない場合や学習場面として採用できない場合がある。

#### (3) 学習者同士をつなぐことができない

複数の学習者が同時に同じ物語で学習していても、現在のシステムでは独立して物語が展開されるため、学習者同士をつなぐことはできない。例えば、同じ場面にいる学習者、すなわち、物理的に接近している学習者同士で学習内容について議論したり教え合ったりする協調的な学習を提供できない。また、ゲーム要素のひとつである競争（対立）<sup>[10]</sup>を物語に取り入れることは、学習意欲を向上・維持させるために効果的であるが、それもできない。

#### (4) 教材のバリエーションと表現力が乏しい

教材は文字と画像による単一選択式クイズのみであるため、教材のバリエーションと表現力が不十分である。この問題は教材のリアリティも含め、多様で効果的な学習を提供することが難しいことを意味している。

## 3 実世界 Edutainment の高度化

2-4 で示した初期システムの問題点を解決するために、実世界 Edutainment システムを拡張し、PBL の高度化に取り組んだ。まず、機能拡張に必要な高い拡張性と処理速度を得るために、PDA ではなくタッチパネル式 UMPC (Ultra Mobile PC) を採用した。

### 3-1 物語の分岐

分岐した物語は複数の学習テーマから成り立っている。それぞれの学習テーマは複数の学習場面（シーン）から成り立っている。1つの学習場面に対して次の学習場面が2つ以上あるとき、“物語は分岐している”という。分岐には次の2種類（Irreversible 分岐と Reversible 分岐）があり、これらに対応する機能を実装した。図3に典型的な Irreversible 分岐と Reversible 分岐を示す。

#### (1) Irreversible 分岐

Irreversible 分岐は、物語の展開に後戻りやループを含まない不可逆的な分岐である。例えば、クイズの正誤による分岐が可能である。学習者がクイズに正解したならば、その学習内容に対して高い理解度があると考えられるので、より難しい学習内容へと分岐する。逆に不正解ならば、解説を提示して、より基本的な学習内容へと分岐する。このように学習者の理解度に応じて物語を変化させることができる(図3左)。また、次の学習場面として複数の場所が存在し、それぞれ異なる物語が展開されるとき、学習者にその場所を自由に選択させ移動させることで、学習者の意思によって物語を変化させることができる。

#### (2) Reversible 分岐

Reversible 分岐は、物語の展開に後戻りやループを含む可逆的な分岐である。つまり、学習場面を行き来

することができる分岐である。例えば、クイズが不正解だったとき、そのまま基本的な学習内容へと物語を進めることもできるし、前の学習場面に戻って理解度を高めてから、再度クイズに挑戦することもできる。また、次の学習場面として、複数の場所が存在するとき、ある一つの場所に移動して、物語を進めることもできるし、複数の場所すべてに移動してから、物語を進めることもできる。さらに、Reversible 分岐では、核となる物語の流れを保ちつつ、周辺のまたは補足的な学習内容を提供するようなミニゲームの導入にも活用できる。例えば、難しいクイズに挑戦して正解したとき、報酬としてミニゲームを与え、物語を進めることができる（図3右）。このように、物語分岐を行うことで、自由度の高い学習を提供することができる。その結果、学習者が自己統制感と責任感を持つことで学習意欲を向上・維持させると考えられる。

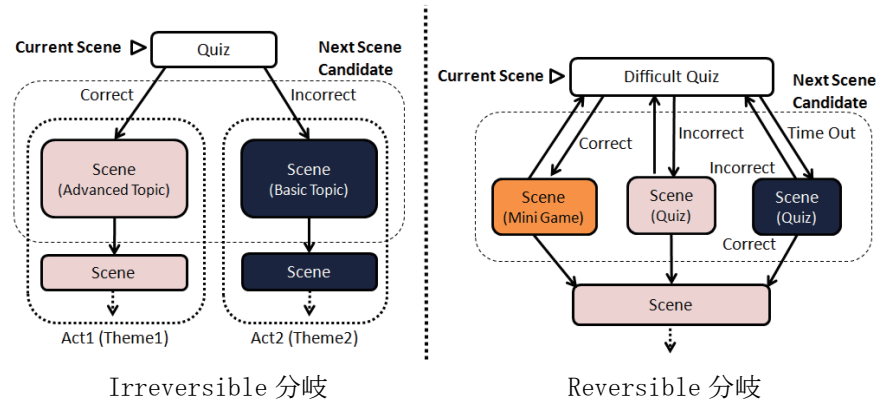


図3 物語の分岐

### 3-2 学習場面認識手段の追加

電子コンパスと Web カメラの導入により、学習場面の認識手段を追加した。

#### (1) 電子コンパス

UMPC に接続した電子コンパスにより、現在位置に方角を加えることで、「この場所でこの方角に向くとクイズを出題する」など、より緻密に学習場面を認識できる（図4）。

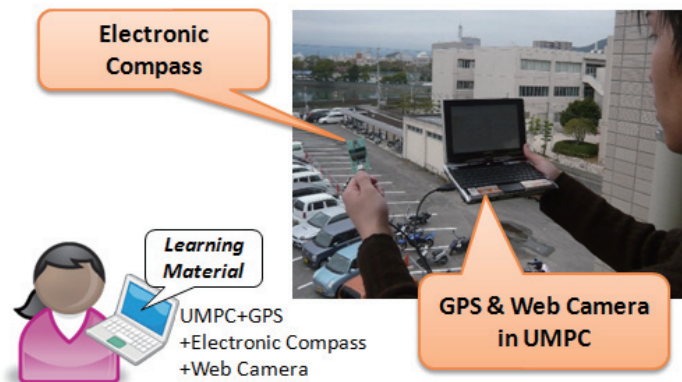


図4 電子コンパスによる学習場面の認識

#### (2) WEB カメラ

UMPC に内蔵または接続された Web カメラから動画または静止画を取得し、画像処理により学習場面を認識する。具体的には、学習対象であるモノの画像を予め取得しておき、画像処理ライブラリ OpenCV を用いて、学習者が Web カメラで撮影している現在の画像と動画像の照合により、学習場面を認識する。これにより、現在位置と方角だけではわからない、学習者が今注目しているモノに応じて教材を提示することができる。また、撮影ができるなら、学習者の手の届かない範囲のモノからも学習場面を認識できる。



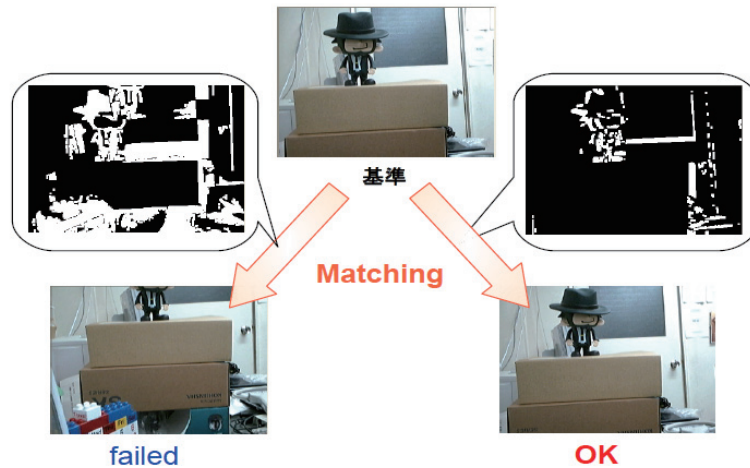


図5 Webカメラの動画像を対象とする背景差分法による認識

しかしながら、現状では、特徴点抽出によるWebカメラの動画像とのマッチングを行うことができていない。UMPCにとって動画像処理が過負荷になっていることが予想されたため、対象を動画像から静止画像に切り替えて試行しているが、期待する結果は得られていない。

そこで、まずは、学習シーン認識だけに焦点を当て、

(A) 静止画像を対象とするテンプレートマッチングによる認識

(B) 動画像を対象とする背景差分法による認識 (図5)

に取り組んだ。(A)は処理に時間がかかることもあり、スムーズな学習を阻害する可能性があるため、処理時間を学習者に感じさせないような物語に適用する等の工夫が必要になる。(B)は、認識の精度がパラメータ(認識の閾値)設定に依存する部分もあるが、処理にはさほど時間を要さないため、現在は(B)で学習シーンを認識することになっている。ただし、実験環境ではある程度の認識精度が得られるが、屋外など実環境では認識精度が低くなることから、更に実装上の工夫が必要である。

### 3-3 複数学習者による協調と競争

学習者同士をつなぐことができない問題点を解決するために、まず、システムをスタンドアロンからネットワーク型に変更した。そして、Client-Server間通信を実現し、学習者のデータを複数のクライアントで共有できるようにした。これにより、複数の学習者をネットワークでつなぐことができ、協調的な学習や競争的な学習が可能となる。

#### (1) システム構成

ネットワーク型システムを実現するために、UMPCは無線ネットワークインタフェースを有し、クライアント・サーバ構成におけるクライアントを担当する。サーバはクライアントからの要求を受けて、学習者に関する情報などを受信しデータベースに保存したり、クライアントに送信したりする。図6にネットワーク型システムの構成を示す。

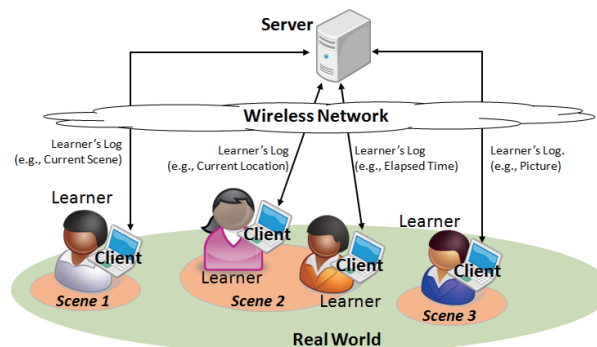


図6 ネットワーク型実世界 Edutainment システムの構成

## (2) 送受信する情報

現在のところ、クライアントとサーバとの間で送受信される情報として以下を採用している。これらの情報を物語の分岐（展開）の条件に取り入れることで、協調的・競争的な学習を実現する。

- 学習者の内部状態に関する情報
  - クイズの正誤：学習者の理解度として各クイズに対する正解／不正解。
  - クイズの正解率：学習開始から現在まで、または特定のクイズにおける正解率。
  - レベル：物語によって表現される学習者の内部状態。例えば、レベルに理解度を関連づける場合、正解率が閾値を越えるとレベルが増加する。その他、レベルに興味や好みを関連づけてもよい。
- 学習者の状況に関する情報
  - 現在の場面：物語において学習者が現在どの学習場面にいるのか。
  - 場面の履歴：学習者が訪れた場面の履歴。
  - 現在位置・方角：GPS と電子コンパスから取得した学習者の現在位置・方角。
  - 時間経過：学習開始から、または特定の場面から現在までの経過時間。
  - 他の学習者との接触状況：学習者に協調・競争させる場合、他の学習者と接触したかどうか（物理的に接近したか）。
- その他
  - メモ：学習者が学習中にとったメモ（文字列）。
  - 画像：学習者が学習中に撮影または描画した画像。
  - アイテム：物語によって提供されるアイテム（アイテム名または ID）。例えば、クイズに正解した際の報酬として提供される。
  - 学習の一時停止／終了：学習者の意志による、または一定時間入力がない場合など、学習が一時停止または終了しているかどうか。

## 3-4 教材のバリエーション化と表現力の向上

### (1) 教材のバリエーション化

UMPC を用いることで、動画や音楽などマルチメディア教材を提示できるようになった。また、単一選択式クイズだけでなく複数選択式、キーボードによる解答入力やタッチペンによるパズル形式のクイズ等にも対応する。これにより、教材のバリエーションが増え、表現力も向上することで、学習内容を充実させることができる。

### (2) AR 的な手法を導入した教材の表現力向上

教材の表現力を向上させるために、本研究では AR (Augmented Reality: 拡張現実感) に着目した。AR とは、実世界の映像にデジタル情報を合成表示する技術であり、AR ライブラリの公開もあって、様々なシステムが提案・開発されている。特に、ARTookKit<sup>[11]</sup> という AR ライブラリが提供するような 2 次元ビジュアルマーカ型が普及しており、AR 図鑑<sup>[12]</sup> や博物館での展示物情報提示<sup>[13]</sup> など実用レベルのシステムが開発されている。近年では、リアルタイム映像から実世界を空間認識してデジタルオブジェクトを合成表示する、マーカレス型 AR<sup>[14]</sup> が出現している。国内においては、セカイカメラ<sup>[15]</sup> に代表されるような、GPS や画像特徴点マッチングによる携帯情報端末対応 AR も注目を集めており、身近な情報提示手段として AR に期待が寄せられている。

本研究では、以下のような流れで AR 教材合成につなげることを目指した。

- (A) 動画像の特徴点抽出を行い、
- (B) 予め用意した画像の特徴点とのマッチングを行って、学習シーンを認識し、
- (C) 動画像に教材を重畳表示し、
- (D) 特徴点の移動にリアルタイムで追従させ、教材の表示位置を調整する。

しかしながら、(A) が実装できていないため、AR 教材合成には至っていない。そこで、以下のような簡易的な AR 教材合成に方針転換した。

- (a) GPS と電子コンパスを用いて、現在位置とそこからの方角で学習場面を認識し、
- (b) 完全な位置合わせをせずに、教材を重畳表示し、
- (c) 電子コンパスのデータに対応して教材の表示位置を変化させる。

図 7 に簡易的な AR 教材合成の実行画面を記す。この合成方式だと、Web カメラからの動画像と教材（潰れた車の画像）は完全には位置合わせされず重畳表示される。教材が動画像と違和感なく一致しなければ、教材としての効果を低下させてしまう可能性がある。

そこで、教育実践での学習効果を確保するために、(a)の後に、その場所で予め撮影した静止画にデジタル情報を合成した教材を提示できるようにした。提示された教材は学習者の方角（視線の方向）には追従しないが、人手で事前に位置合わせされた教材により、違和感なく学習することができる。図8に事前合成の映像教材を示す。



図7 簡易的なAR教材合成の実行画面



図8 事前合成の映像教材の一例

#### 4 拡張した実世界 Edutainment の地震防災教育への応用

今後30年以内に60%の確率で南海地震が発生するといわれている。南海地震に対して徳島県では「死者ゼロ」を目標に様々な対策が講じられているが、他人事、行政頼みにしている県民も多い。さらなる防災意識の向上のためには、リアリティが高く、被災時の被害、避難、救命救助などについて学ぶことのできる学習方法が不可欠といわれている。

そこで、実世界で学ぶというリアリティを提供できる本研究の実践として、拡張した実世界 Edutainment の地震防災教育への応用に着手した。

##### 4-1 従来の地震防災教育

地震大国の日本では地震防災教育が盛んである。例えば、学校では定期的に避難訓練が実施されたり、防災に関する講演会が開催されたりする。しかし、単に地震災害事例を紹介したり、行政等による規範的な災害予想や避難行動計画を一方的に示すだけでは、地域住民が被災時の状況に応じて適切な避難行動をとることは難しいと指摘されている。また、地震防災に関心のない地域住民に対してどのように防災教育を実施するか、言い換えれば、地震防災への学習意欲をどのように向上・維持させるかが大きな課題となっている。

この課題に対する一つのアプローチが情報通信技術を活用した防災教育であり、GIS (Geographic Information System) やシミュレーションシステムを活用することで、学習効果の向上はもちろん、目新しさから防災教育に関心をもってもらうことも狙っている。例えば、片田らは、GIS データを基に描いたデジタルマップをテーブルに投影し、タンジブルなインタフェースを用いて避難計画を作成させるシステムを開発している<sup>[16]</sup>。また、近年では、テレビゲームを通じた防災教育も効果をあげている<sup>[17]</sup>。

本研究では、テレビゲーム等に代表されるエンタテインメント性を地震防災教育に取り入れることで、地震防災教育に関心のない地域住民、特に、子供とその保護者を対象に、防災を学ぶきっかけを提供できると考えている。

## 4-2 地震防災教育のための物語

避難訓練や防災イベントでの実践を想定し、物語の分岐を取り入れた物語、協調と競争を取り入れた物語を作成した。

### (1) 分岐を取り入れた物語（中高校生向け）

南海地震やそれによって発生する津波被害に関する基礎知識、余震、負傷者への応急手当、避難場所などを学ばせ、南海地震発生時に適切に行動できるようになることを学習目標とした。中高校生という対象学生を考慮し、エンタテインメント性として恋愛シミュレーションゲーム方式を採用した。学習時の様子とシステムのユーザインタフェースを図9に示す。物語の大まかな展開を図10に示す。

避難訓練の一部として実世界 Edutainment による防災教育が実施されることを想定している。

1. シーン1：学習者がある建物内の教室で授業を受けるところから物語が始まる。次のような物語のプロローグがシステム上でスライドショーとして提示される。  
「この地震に関する講義の後、僕はある女の子と待ち合わせの約束をしている。彼女に告白することを決意したからだ」  
この学習場面で、学習者は地震に関する講義を受けて、システムによる単一選択式のクイズに解答することで知識を獲得していく（システムの使用にも慣れる）。クイズに解答すれば、映像による解説を提示し、次の学習場面へ移行する。
2. シーン2：解説の終了をきっかけとし、緊急地震速報の映像が流れ、地震が発生する（地震の模擬映像を提示する）。ここでは、緊急地震速報の知識と地震発生時の適切な行動を映像とクイズで学ばせる。物語は「彼女を探さなくては！」と展開する。
3. シーン3：解説の提示が終了したら、教室を離れて、建物の外に避難する。ここでは建物内の避難経路を学ばせるために、学習者に実際に避難してもらう。ここで学習者には避難する経路を2つ（エレベータか階段）のうちから選ばせ、その経路で避難してもらう。その途中で出題されたクイズに解答することで、その経路についての注意点を学ばせる。
4. シーン4：建物から避難した直後、負傷者（役者）が学習者の前に現れる。この負傷者に対して実際に応急手当を施すことで、応急手当の方法を学ばせる。このとき、近くに応急手当に使えるモノをおいておき、システムで動画教材を提示する。ここで、実際に応急手当の方法を体験する（ヒトやモノとインタラクションする）ことで、応急手当の方法を通常の講義で知識を伝達するよりも体験を通じて効果的に学習させる。
5. シーン5：応急手当が終わると、負傷者から得られる情報（「彼女は図書館に行くって言ってたけど、地震で今は避難指定場所の西側グラウンドにいるかもしれない」）を基に避難指定場所まで移動することで、屋外での避難について学ぶ。ここではGPSを用いて、避難場所とその途中の2つの地点（A、B）を学習場面として認識できるようにしておく。学習者にはGPSを用いて自由に避難場所まで移動してもらう。そして、学習者がA地点とB地点を通る際に、次の学習場面が発生する。ここで学習者は自由に移動しているので、学習場面が発生せずにそのまま避難場所まで向かうこともあれば、A地点、B地点を通ることもある。A地点では周りに建物が多いため、余震が発生したときには注意が必要であるという情報を、余震に関する合成写真教材を提示する。B地点では南側に川があるため、電子コンパスを用いて南を向くように指示し、川を認識させた上で津波に関する合成写真教材を提示する。このように屋外での避難時の注意点を実際に確認しながら学ばせる。
6. 最後に学習者が到着する避難場所で、避難生活について学ばせる。避難生活での工夫や注意点などを教材で学ばせて、学習終了となる。物語は、【避難場所で彼女に会えて告白が成就】してエンディングとなる。制限時間内に学習を終えなければならない。



図9 学習時の様子とシステムのユーザインタフェース





図 10 分岐を取り入れた物語の大まかな展開

## (2) 協調と競争を取り入れた物語 (小学生向け)

南海地震やそれによって発生する津波被害に関する基礎知識、非常用品 (防災袋)、負傷者への応急手当、避難場所などを学ばせ、南海地震発生時に適切に行動できるようになることを学習目標とした。小学生という対象学生を考慮し、ヒーロー/ヒロインになりきらせる物語とした。物語の展開を図 11 に示す。

防災に関する講義の一部として実世界 Edutainment による防災教育が実施されることを想定している。なお、本物語はシステムの未完成部分もあり、実践には至っていない。

1. シーン1: 複数の学習者が防災イベントでレスキュー隊の講演を聞いているところから物語が始まる。そして、ビルが揺れている動画が提示される。そして、レスキュー隊の講演の最中に南海地震が発生し、徳島大学内で多数の負傷者が発生した。レスキュー隊は負傷者すぐに救助したいが、人手が足りない。そこで、君にレスキュー隊のサポート役として同行してほしい!  
学習者に物語のプロローグをアクターが演じることで提示し、物語の主人公になりきらせる。そして、南海地震で想定されている震度や地震の規模を問うクイズを出題する。クイズに不正解の学習者には、追加教材が提示される。
2. シーン2: レスキュー隊に防災袋内の非常用品を渡され、チェックするよう指示される。内容物をチェックしながらその用途を学ぶ。チェックが終わると、学習者は2名いる負傷者の中からどちら

- か一方を選んで救助する方針をレスキュー隊から知らされ、選んだ負傷者のいる場所へ向かう。
- シーン3：学習者は、出血した負傷者への救急手当をレスキュー隊のサポートを通じて学ぶ。もう一方の学習者は、骨折した負傷者への救急手当をレスキュー隊のサポートを通じて学ぶ。
  - シーン4：別の場所で、出血および骨折した負傷者が助けを求めている。ここで、2つのシーンに分かれた学習者が合流し、それぞれが学んだ応急手当を負傷者に施す。その際、学習者間で情報交換が行われ、応急手当という共通目的の下、学習が協動的に行われる。
  - シーン5：応急処置が終わると、津波被害から逃れるために、他のビルへ避難するようレスキュー隊に促される。学習者はその際の避難経路として、エレベータか階段を選択できる。エレベータを選んだ場合（間違った選択）、シーン6に移行する。階段を選択した場合は何も発生せず、次のシーン7へ移動できる。
  - シーン6：学習者がエレベータ内に貼られた RFID タグを読み取ると、エレベータに閉じ込められた映像が提示され、閉じ込められた際の適切な行動に関するクイズが出題される。
  - シーン7：ビルを出ると GPS で現在位置が取得され、目の前のビルが倒壊している合成写真教材を提示し、地震の恐怖を伝える。
  - シーン8～10：学習者は3つある避難場所（A：徒歩1分の木製建造物、B：徒歩2分の4階建て鉄筋コンクリート建造物、C：徒歩3分の4階建て鉄筋コンクリート建造物）を選択できる。適切な避難場所（B）を選び、実際にその場所へ辿り着くと、勝者となりエンディング映像が提示される。避難場所 A、B に行っても、津波襲来までに時間的猶予が残っていれば、他の避難場所に向かうことができる。津波襲来の時間になると、津波の合成写真教材を提示する。

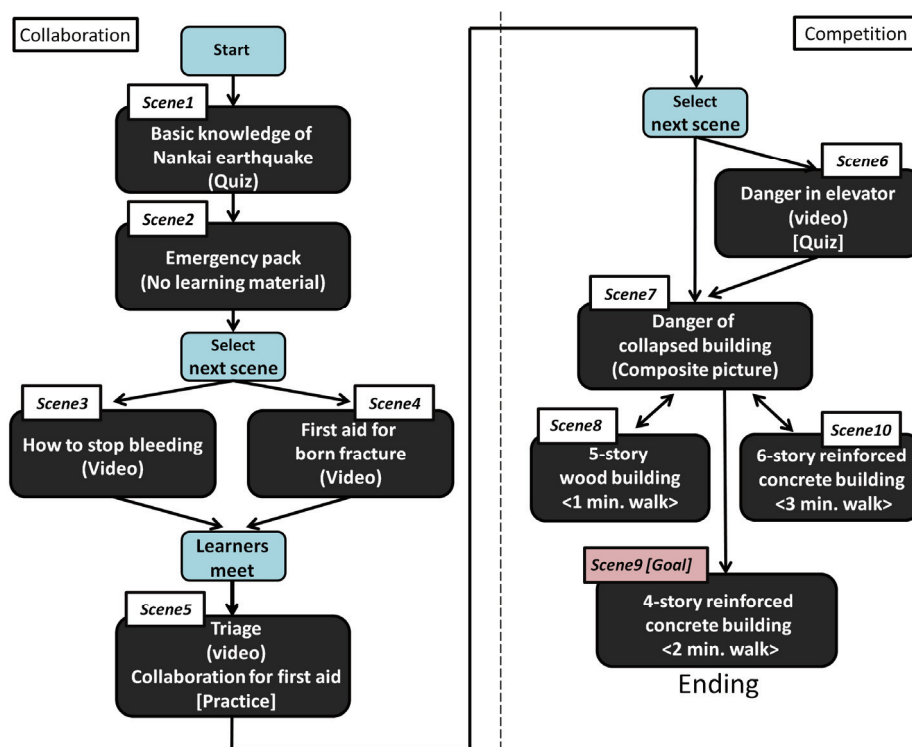


図 11 協調と競争を導入した地震防災教育の物語

### 4-3 予備実験

高校生並びに大学生を対象に、4-2(1)の物語で実世界 Edutainment による防災教育を試験的に実施した。その中で、工学部情報系の大学生・大学院生 32 名を被験者とする予備実験を行った。

本予備実験の目的は「楽しく学習できたか」「学習意欲が向上したか」「エンタテインメントと防災教育の融合を大学生が受け入れられたか」等について検証することであった。なお、学習意欲の維持については、日程の都合上、今回の予備実験では検証できなかった。

#### (1) 実験手順

被験者を、通常講義の形式で防災について学習するグループA（11名）と、実世界Edutainmentシステムを用いて学習を行うグループB（21名）の2つのグループに分けた。そして、30分程度の学習後に、アンケートとテストを実施した。

## （2）実験結果

ポストアンケート（5段階評価）、ポストテスト（20問20点満点）の結果をそれぞれ表1、表2に示す。

Q1（今回の学習は楽しかったですか？）に対し、グループAよりもグループBの平均値が高く、有意な差が見られた（ $P(T<t)$  両側=0.00123）。また、その楽しさの要因をグループBに質問したところ、Q5（物語は楽しかったですか？）、Q6（実際の場所に訪れて学習することは楽しかったですか？）、Q7（実際のヒトとやりとりして学習することは楽しかったですか？）、Q8（今回の学習は教室での通常講義より楽しかったですか？）のいずれに対しても4以上の高い平均値を得ることができた。よって、実世界Edutainmentにおいて学習者は通常講義より楽しく学習することができたといえる。

次に、学習意欲について検証する。Q2（今回の学習スタイルは、あなたの学習意欲を向上させましたか？）に対し、グループAよりもグループBの平均値が高く、有意な差が見られた（ $P(T<t)$  両側=0.00347）。よって、実世界Edutainmentにおいて学習者は通常の講義より学習意欲を向上させたといえる。

また、今回の物語では、シーン4において実際のモノを使い負傷者役である役者に対し、応急手当を施した。実際に、Q9（負傷者役の実際の人を相手に応急処置を学ぶことは効果的だと思いますか？）に対し、4以上の高い平均値を得たことから、実際のモノやヒトを通して、学習することは効果的であるといえる。

Q10（今回のシステムを使った学習は教室での通常講義より勉強できると思いますか？）に対して、4以上の高い平均値であった。Q3（防災教育をエンタテインメント化することはよいことだと思いますか？）に対し、グループAよりもグループBの平均値が高くなっており、有意な差（ $P(T<t)$  両側=0.0646、10%の水準）が見られた。Q4（防災教育は、大学の通常の講義形式で行うべきだと思いますか？）という問いに対して、グループBよりもグループAの平均値が高くなっているが、有意な差はなかった。以上より、防災教育をエンタテインメント化することは概ね受け入れられたと考えられる。

表1 予備実験アンケート結果

	グループA		グループB	
	AVG	SD	AVG	SD
Q1	3.09	1.0	4.47	0.49
Q2	3.18	0.83	4.19	0.49
Q3	3.54	1.07	4.28	0.62
Q4	3.36	0.88	2.95	0.95
Q5	--	--	4.0	0.81
Q6	--	--	4.42	0.58
Q7	--	--	4.28	0.54
Q8	--	--	4.47	0.49
Q9	--	--	4.47	0.66
Q10	--	--	4.23	0.62

学習内容に対する理解度について、テストの平均点はグループAとグループBでほぼ同じであり、有意な差は見られなかった（ $P(T<t)$  両側=0.5211）。これより、今回の実世界Edutainmentによる地震防災教育では、通常講義での学習と同等の理解度が得られたといえる。

表2 予備実験テスト結果

グループA		グループB	
AVG	SD	AVG	SD
16.45	2.46	16.0	1.23

試験的实践を通じて、被験者から多くの意見を得た。頻出した意見としては、「UMPCが重い」「センサ類のコードが邪魔で持ちにくい」「屋外だと画面が見づらい」「音声聞こえにくい」といった機材に関する不満であった。これらの不満に対して、軽く画面が明るい端末を採用する、ヘッドフォンを利用する、といった改善策が挙げられる。特に、長時間の学習シナリオ、子供や年配者を対象とする学習シナリオにおいては、

見過ごせない問題点である。今後、博物館や動物園等の施設でシステムを普及させることを想定すると、導入する機材の選定から十分に吟味する必要がある。

## 5 おわりに

本稿では、PBL の高度化として実世界 Edutainment の拡張、防災教育への応用、及び、予備実験について報告した。具体的な拡張として、(1) 学習者の理解度や選択に応じた物語の分岐、(2) GPS や RFID だけでなく電子コンパスや Web カメラを導入した実世界の認識、(3) ネットワーク対応による複数学習者での協調的・競争的学習の実現、(4) 教材のバリエーション化と AR 的な手法を導入した教材の表現力向上を行った。

(4) については当初、Web カメラの動画像に教材を違和感なく重畳表示することを目指していたが、技術的な壁にぶつかり、電子コンパスを併用することで簡易的な AR として教材を重畳表示することにした。実世界 Edutainment の応用先として防災教育に着目し、南海地震について学ぶ物語を作成し、試験的な実践を行った。その結果、学習意欲の向上など一定の効果を確認できたが、本格的な実践に向けて課題も浮かび上がった。

今後は、AR 機能を中心に未完成の拡張部分を完成させ、地震防災教育の現場で実世界 Edutainment を実践し、効果を検証していきたい。近々では 2011 年 8 月に開催される「科学体験フェスティバル in 徳島」で実世界 Edutainment を実践する予定である。

2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、未曾有の被害をもたらした。本研究が地震防災教育の有効な手段として認められるよう、今後も努力を続けていきたい。

## 【参考文献】

- [1] Mitsuhara, M., Hirakawa, Y., Kanenishi K., and Yano, Y.: “Real World Edutainment Focusing on Human-Human Interaction”, Proc. of Second International Conference of E-Learning and Games (Edutainment 2007), pp.527-538 (2007)
- [2] 光原弘幸, 金西計英, 矢野米雄: “実世界 Edutainment とその実践”, 日本教育工学会第 25 回全国大会講演論文集, pp.79-82 (2009)
- [3] Kurti, A., Spikol, D., and Milrad, M.: “Bridging Outdoors and Indoors Educational Activities in Schools with the Support of Mobile and Positioning Technologies”, International Journal of Mobile Learning and Organization, Vol.2, No.2, pp.166-186 (2008).
- [4] 安川直樹, 松尾佳秀, 阿部光敏, 守屋和幸, 酒井徹朗: “環流型学習コンテンツを用いた野外体験学習支援”, 教育システム情報学会論文誌, Vol.22, No.3, pp.197-205 (2005).
- [5] Yatani, K., Onuma, M., Sugimoto, M., and Kusunoki, F.: “Musex: A System for supporting children's collaborative learning in a museum with PDAs”, Systems and Computers in Japan, Vol.35, No.14, pp.54-63 (2004).
- [6] O'hara, K., Kindberg, T., Glancy, M., Baptista, L., Sukumaran, B., Kahana, G., and Rowbotham, J.: “Collecting and Sharing Location-based Content on Mobile Phones in a Zoo Visitor Experience”, Computer Supported Cooperative Work, Vol.16, pp.11-44. (2007)
- [7] Facer, K., Joiner, R., Stanton, D., J., Reid, J., Hull, R. and Kirk, D.: “Savannah: mobile gaming and learning?”, Journal of Computer Assisted Learning, Vol.20, Issue 6, pp.399-409. (2004)
- [8] Squire, K.D. and Jan, M.: “Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills with a Place-based Augmented Reality Game on Handheld Computers”, Journal of Science Education and Technology, Vol. 16, No. 1, pp.5-29 (2007).
- [9] Klopfer, E. and Squire, K.D.: “Environmental Detectives? The development of an augmented reality platform for environmental simulations”, Educational Technology Research and Development, Vol.59, No.2, pp.203-228 (2008).
- [10] Crawford, C., “The Art of Computer Game Design”, <http://library.vancouver.wsu.edu/sites/library.vancouver.wsu.edu/files/ACGD.pdf> (Accessed on Feb.9, 2011)
- [11] Kato, H., Billingham, M., Poupyrev, I., Imamoto, K., and Tachibana, K.: “Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment”, Proc. of the International Symposium on Augmented Reality, pp.111-119 (2000)



- [12] 加藤博一, Mark Billinghurst, Ivan Poupyrev, 鉄谷信二, 橘啓八郎: “拡張現実感技術を用いたタンジブルインタフェース”, 芸術科学会論文誌, Vol.1 No.2 pp.97-104 (2002)
- [13] 近藤智嗣, 有田寛之, 真鍋真, 水木玲: “複合現実感による新旧学説の対比展示－国立科学博物館「帰ってきたアロサウルス展」における事例－”, 展示学, Vol.46, pp.34-35 (2008)
- [14] Klein, G. and Murray, D.: “Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces”, Proc. of 6th International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2007)
- [15] <http://sekaicamera.com/>
- [16] Kobayashi, K., Narita, A., Hirano, M., Tanaka, K., Katada, T. and Kuwasawa, N.: DIGTable:A Tabletop Simulation System for Disaster Education, Proc. of Pervasive2008, pp.57-60 (2008).
- [17] 藤岡正樹, 梶 秀樹, 三平 洵: “携帯端末による地震防災教育用ゲームの開発とそれを使った教育研修提案”, 地域安全学会論文集, No.14 (2011)

### 〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
協調的・競争的な学習を実現するネットワーク型実世界 Edutainment システム	電子情報通信学会 信学技報(教育工学), 100 (453), pp.211-216	2011. 3
Real World Edutainment Focusing on Game Story and Human-Human Interaction in the Real World	The Journal of Information and Systems in Education, 9 (1), pp.45-56	2010. 12
Real World Edutainment Based on Flexible Game Story	Proc. of ICCE2010, pp.509-516	2010. 11
What if Children Learn Phenomena of Light through Real World Edutainment?	Proc. of ACE2010, ページ番号なし	2010. 11
実世界 Edutainment による防災教育のエンタテインメント化	エンタテインメントコンピューティング 2010 講演論文集, ページ番号なし	2010. 10