

## ゲームと融合した e ラーニング問題集の開発と評価 Development and Evaluation of E-learning Workbook United with Game

小島 一秀†  
Kazuhide Kojima†

### 1. はじめに

近年、情報処理技術の進展や、社会における学習の効率化、高度化への要求により、e ラーニング[1][2][3]はめざましく発展している。その中で、e ラーニング教材にゲーム性を加えたゲーム教材の開発も進められている。問題集に制限時間や表示の演出を加えただけのゲーム教材が非常に多いが、ゲーム性がほとんど取り入れられておらず、飽きにくさなどに改善の余地が大きい[4]。また、外国語の音声や文書を用いたマルチメディア作品の物語を理解しながら進めるゲーム教材も多いが、外国語学習に限られ汎用性が低い[5]。これらは非常に重要な成果であるが、本稿ではより魅力的でより汎用性の高い e ラーニング教材を目指して、コンピュータゲームを e ラーニング教材により本質的に取り入れたゲーム教材を提案し、その効果を示す。提案するゲーム教材は oq-series[6][7]の一部として実装するが、oq-series は、問題集のための総合的な e ラーニングシステムであり、様々なソフトウェアから構成されている。

### 2. oq-series

oq-series は、問題集のための総合的な e ラーニングシステムであり、1つの XML 規格と、5つのソフトウェアが図 1 のような関係を持っている[7]。図 1 の横方向は教育活動の段階を、右上の領域は紙媒体環境であり、それ以外は情報環境となっている。

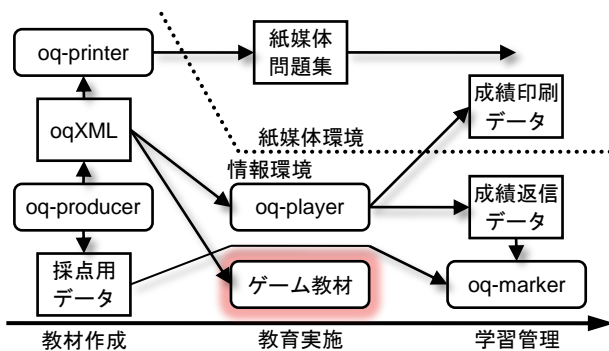


図 1 oq-series の構造

oqXML[7][8] は、問題集を記述するための XML 規格であり、大問題や小問題による様々な問題構成、HTML により画像や音声、動画などのメディアデータにも対応可能となっている。問題集の構造の記述において、問題形式ごとに個別に対応するシステムが多いが、oqXML では、多彩な問題形式を統一的方法で記述することができる[8]。

† 大阪大学サイバーメディアセンター Cybermedia Center, Osaka University

oq-series を使用する大まかな利用の流れは次のようになっている。最初は教材作成であるが、oq-producer が、oqXML によって記述された問題集データの作成を行うことから始まり、通常は oq-player による e ラーニング問題集 (図 2) の生成まで行う。oq-player は oqXML で記述された問題集データにしたがって動作する e ラーニング問題集のソフトウェアであり、教育実施に使われる。oq-player による e ラーニング問題集を実際に教育に使うには Web サーバに掲載するだけでよい。oq-printer も教材作成のソフトウェアであり、問題集データにしたがって紙媒体の問題集を作成する。紙媒体の問題集を使用した場合は、教育実施、学習管理においても紙媒体で行うことになる (図 1 上部)。oq-player は、教員に成績を印刷して提出するための成績印刷データと、教員にメールで成績や学習状況を返信するための成績返信データを生成する。一見 e ラーニングにおいて成績印刷データは不要に見えるが、oq-series を活用している企業ユーザからの実際の要望に応じた結果である。学習管理において、教員はメールで送信された成績返信データを、oq-marker で一括処理し成績データを取得する。このとき、oq-producer が生成した採点用データが使用される。

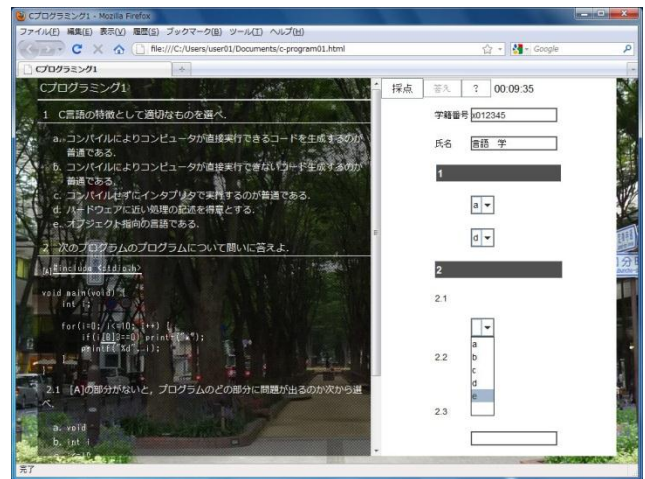


図 2 oq-player による e ラーニング問題集

提案するゲーム教材システムも教育実施のためのソフトウェアであり、oq-player と同じく oqXML で記述された問題集データで動作しているため、教材資源を有効活用することができる。最も最後に開発が始まったこともあり、学習管理機能との連携は未実装である。

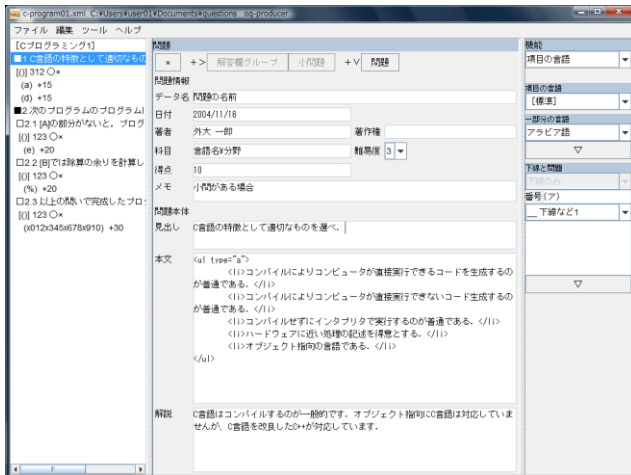


図 3 oq-producer による問題集の編集画面

### 3. 提案システム

#### 3.1 提案システムの目的

提案するゲーム教材システムは、二つの目的を持っている。一つは、単純な学習内容に本質的なゲーム性を加えることにより学習者の学習量や成績を改善すること、もう一つは、それを実現するゲーム教材のシステムが、学習内容に制限されない汎用性を持つことである。

単純な学習内容は、重要ではあるが、面白みに欠けがちでありながら反復を要求されるため、やる気が続かないことも多い。ゲーム機や Web の多くのゲーム教材も単純な学習内容を取り扱っているが、学習部分以外は、時間制限と映像と音声による演出のみという形態が多い。すなわち、ゲームとは名が付いているが、論理的には出題に対する回答を入力するだけの形態である。このような形態のゲーム教材にも十分な価値があり、学習以外の無駄がないことは優れているが、ゲームとしての要素がほとんどなく飽きられやすい。より、学習意欲のわく魅力的な e ラーニング教材とするためには、ゲーム性を本質的に取り込むという方針は重要である。

#### 3.2 提案システムが持つべき特徴

単純な内容の学習を、コンピュータゲームの魅力によって反復学習させようとするなら、何度やっても飽きにくいゲームが必要である。物語の魅力を活用するような、一度内容がわかるとどうしても飽きてしまうものでは難しい。あえて例えるなら、テトリスのように、飽きが来ないタイプのゲームが適切である。

ゲーム教材システムに汎用性を持たせるには、学習内容でゲームが制約されないことが重要である。例えば、語彙力に対して、e ラーニングでなくとも実現できるが、クロスワードパズルというゲームが活用できる。これは語彙力にしかな適用できず、さらに、学習対象とする語彙によっては適用できない。そもそも、学習内容によっては、学習内容の特性を使ったゲームを作れない場合も多い。

ゲームを本質的に取り入れた教材の学習においては、学習している時間とゲームをしている時間の両方が存在している。したがって、ゲームの特徴としては、学習に取り組

むために短時間ごとに目を離してもプレーできることが重要である。

逆に、学習における問題に回答するという行為を、コンピュータゲームに深く取り入れるという観点で見ると、出題される問題は、ゲームへの入力のために学習者の回答を機械的に正誤判定でき、ゲームを行うために学習を短時間おきに中断できることが必要であることがわかる。すなわち、ゲーム教材自体がそもそも単純な学習内容に制限されることがわかる。

また、リアルタイムな進行やマルチメディアの活用など、ボードゲームなどにはない、コンピュータゲームならではの特徴を取り入れることも重要である。

#### 3.3 提案システムのゲーム

提案システムのゲームは以下のようにになっている (図 4)。ただし、ここで述べるゲームの内容は、以上で述べた提案システムに求められるゲームの条件を満たす一例であり、その条件を満たせて、学習者を惹きつけられるならば、どのようなゲームでもかまわない。

図 4 の左側がゲームを担当するゲームエリア、右側が学習を担当する学習エリアである。左側のゲームエリアは、学習者が操作せずとも自然に状況が変化していく箱庭のようなものであり、ときどき、学習者が干渉してやるだけでゲームを進めることができる。

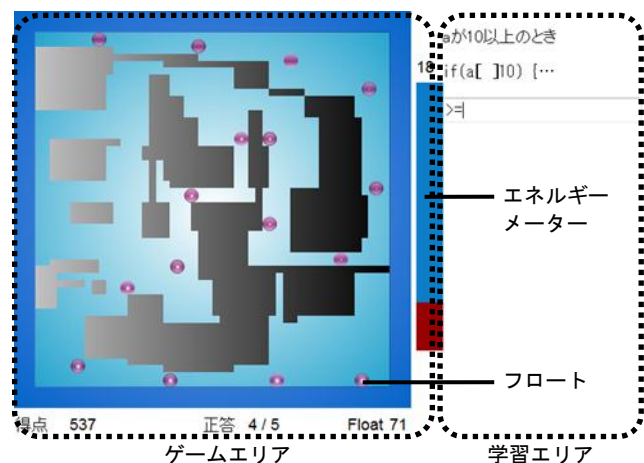


図 4 提案システムの画面構成

- ゲームエリアは、大まかには、左上から右下に水が流れている川のような状況となっており、ランダムで陸地が存在している。
- 左上にフロートが出現し、フロート数が減少する。
- フロートは流れに乗って右下のゴールに向かって陸地を避けながら最短コース的な経路で流れる。
- フロートは、ゴールに到着すると消えて、流れた距離の二乗に比例した得点が入る。
- フロートが陸地のでこぼこに引っかかって止まると陸地となる。
- フロートが陸地に囲まれた池のような場所に存在するときは、直前まで移動していた方向にそのまま進み、陸地にぶつくと陸地となる。
- 大きなフロートほど流れが遅い。

- フロートには陸地化させると得点が入る種類もある。
- 選択ステージによって、初期の陸地の面積や、フロートの流れる速さ、フロートの種類の比率、フロートの大きさの比率などが異なる。

以上のようなゲームエリアに対して、学習者は以下のような操作が可能である。

- ゲーム開始時に与えられたエネルギーを消費して、川を埋めて陸を作ったり、陸を掘って川にししたりすることができる。
- ゲームエリアのエネルギーメーターをクリックして、学習エリアに問題を表示する。
- 回答の後、ゲームエリアのエネルギーメーターを再びクリックすると、正誤判定が行われ、正誤、正解、解説が表示される。
- 回答が正解だと正解数と出題数が増え、エネルギーと得点が問題の難易度が高いほど大きく増加する。
- 回答が誤りだと出題数のみが増える。
- すべてのフロートが消えるか陸地になるとゲーム終了であり、フロートの出現位置が埋まるとゲームオーバーとなる。
- ゲーム終了時に、出題数と正解率がノルマを超えるとゲームクリア、そうでない場合はゲームオーバーである。

ゲームクリアのためには、回答数、正解率が一定以上必要であるため、学習がゲームクリアに必須となっている。また、ゲームで高得点を狙うためには、ゲームエリアに対して巧みな操作を多数行う必要があるが、そのためには、多くの問題に取り組み、高い割合で正解し、エネルギーを多く補充する必要があるため、学習がより進展する。

ゲームエリアのフロートの動きや操作は非常に単純であるが、高得点を狙うためには以下のようなバランスを取る必要がある。高得点を狙うためには、川を細くしてできる限り入り組んだ経路を作る必要があるが、入り組んだ経路はフロートが引っかかりやすい上に、川が細いとフロートが陸地化した場合に、川が詰まる可能性が高い。これを防ぐためには、迂回路を設けたり、川を太くしたりしてすぐに詰まらないようにする必要があるが、これは経路の距離を犠牲にすることになる。そうしないのであれば、注意力と迅速な操作で川が詰まるのを防ぐしかない。ただし、ゲームエリアへの操作には学習が必須であるので、学習なしに高得点を得るのは不可能である。他にも、詳細は省くが、フロートが流れる特性を非常に良く把握していれば、非常に変わった攻略も実現できる。

以上より、提案システムのゲームは学習内容に関係がなく、難易度設定にもよるが短時間ごとに目を離してもプレーが可能であることがわかる。また、ゲームのクリア、高得点のどちらにおいても、学習が必須となるように設計されていることがわかる。

### 3.4 対応している問題形式

提案システムが対応すべき問題は、提案システムが対象としている単純な学習内容を問う問題であり、ゲームに取り組めるように短時間で終わることができ、ゲームと融合

させるために機械的な採点ができる必要がある。このような問題の具体的な姿は、問題の説明文、正解ともに短く、回答欄の個数が少なく、回答の正誤判定が機械的に行える問題と言うことになる。したがって、提案システムにおいては、長文読解のような複雑な問題に対応する意味は無く、複雑な問題形式にも対応可能な oqXML[8]を完全にサポートする必要はないため、以下のような特徴を持った問題のみから構成されることを前提とした oqXML のサブセットのみに対応している。

- 中に小問題を含まない。
- 選択問題と文字入力問題を選べるが回答欄は 1 つのみである。
- 機械的に正誤判定ができない問題は存在しない。

### 3.5 提案システムの実装

提案システムは、普及状況、必要な機能の実現性からの判断により、Adobe Flash で開発されている。ただし、学習エリアにおいては、Flash と連携した JavaScript により、問題が HTML で表示されている。これは、oqXML で記述された問題集データにおいて問題の説明文などに HTML が使われているためである。また、学内における外国語教材の開発に対応するためにも Flash より高度な外国語表示が可能な HTML 表示が必要となる。実際に、Flash 単独では実現できない、右から左に記述するアラビア文字が必須であるペルシア語の教材を提案システムにより実現している (図 5) [9]。



図 5 ペルシア語の教材に応用した提案システム

提案システムの構成要素は表 1 のようになっている。このように構成要素が多いのは、提案システムが必要とする画像や音声、問題集データなどの様々な要素を提案システム本体から分離することにより、汎用性を持たせるためである。これにより教材開発者は、問題を自由に出题だけでなく、一連の教材に要求されるデザインに合わせて、画像や音声を自由に設定できる。例えば、図 4 も図 5 も提案システムによって開発されているが、画面のデザインも出题されている問題も大きく異なっていることがわかる。

提案システムの本体ファイルには、基本機能が Flash で実装されており、ゲームに登場するフロートなどの画像デー

タや問題集データなどは、別ファイルとなっている(表 1)。oqXML ファイルは後述の開発ツールなどにより容易に作成できるため、問題集の変更は非常に容易である。音声ファイルは通常の MP3 ファイルなので、BGM も効果音も変更が容易である。HTML ファイルも後述の開発ツールにより自動的に生成可能であり、特別な技術は使われていないため、簡単な修正でゲームエリアと学習エリアのレイアウトを変えることも可能である。

以上より、提案システムは、問題の種類においても、デザインにおいても汎用性が高いことがわかる。

表 1 提案システムの構成要素

構成要素	機能
本体ファイル	出題や正誤判定のような学習部分とゲーム部分の基本機能が実装された Flash ファイル
画像 Flash ファイル	ゲーム部分に登場するフロートや背景などの画像やアニメーションが入った Flash ファイル
音声ファイル	BGM や効果音が入った複数の MP3 ファイル
oqXML ファイル	問題集を記述する oqXML 形式のファイル
HTML ファイル	提案システムを Web 上に公開するための HTML ファイルで、画面のレイアウトが記述されているだけでなく、本体ファイルが使用するファイルのファイル名や本体ファイルと連携するための JavaScript のコードを含んでいる。

### 3.6 提案システムの開発ツール

提案システムは、表 1 のように多数の構成要素からなる上に、ゲームのためのバランス調整のための試行錯誤も必要であるため、実際には、開発ツールが必須である。開発ツールは、文系の教員や大学院生の使用を想定して、一般にも広く普及している Excel で開発されている(図 6)。

開発ツールの機能には、問題集データの作成、必要な外部ファイルのファイル名の指定、ゲームパラメータの設定、HTML ファイルの生成などがある。提案システムにおける問題集データは、以上で述べたように、単純な形式に制約されているため、oq-producer を用いずに、表を埋めるような操作で作成することができる。必要な外部ファイルのファイル名は、決められたセルに入力するだけで良い(図 6)。

ゲームパラメータの設定においては、設定されたパラメータによってどのようなゲームとなるかを見積もるための、自動計算機能を活用する。例えば、ゲームクリアのために、休みなく 0.5 秒に 1 問回答が必要な状況ではプレーが不可能であり、5 分に 1 問回答が必要な状況では、学習があまりに少ない。このような状況を防ぐために、大まかなゲームクリアに必要な時間を計算し、それをクリアに必要な回答回数である必要回答数で割ることにより、何秒に 1 回問題をとけばよいかを自動計算する機能がある(図 6 中央上部の「必要解答間隔(秒)」)。他にも、最低回答回数が全問題数の何パーセントになるかを自動計算する機能もあり、問題数が少な過ぎないか、1 プレー時間が長過ぎないかなどを検討する手がかりとなる。

HTML ファイルの生成では、以上で設定されたゲームパラメータや提案システムで必要な JavaScript コードが記述

された HTML ファイルが自動生成される。同時に必要な外部ファイルが存在しているかのチェックが行われる。これにより、様々な音声や画像、ゲームパラメータを効率的に試すことができる。

ペルシア語の大規模な教材開発において、提案システムが採用されたが、文系の大学院生によって多くのデータが入力された。最初の説明会以外の質問は極めて少ない上に、多くの教材がきちんと完成していることから、開発ツールは実用性において十分な機能と使いやすさであることがわかる。

問題 ID	難易度 (1時5難)	問題文	言語	選択肢 (alt+enterで区切る, 空欄で文字入力問題)	正解	言語	解説
print=s01	2	<pre>&lt;pre&gt;int num=10; print(&lt;em&gt;[ ]/&lt;/em&gt;, num); &lt;/pre&gt;</pre>			%		
print=s02	2	<pre>&lt;pre&gt;double num=88.28; print(&lt;em&gt;[ ]/&lt;/em&gt;, num); &lt;/pre&gt;</pre>			%		
print=s03	2	<pre>&lt;pre&gt;char str[20]="abcdef"; print(&lt;em&gt;[ ]/&lt;/em&gt;, str);&lt;/pre&gt;</pre>			%		

図 6 開発ツール

## 4. 評価の方法

提案システムを評価するために、C 言語の実習の授業において e ラーニングの希望者を募り、試験的に活用した。e ラーニング希望者は、他の学生より学習意欲が高い可能性が高いこと、一般の e ラーニング教材との比較が必要であることから、希望者を、提案システムで学習するゲームグループ 24 名と、一般の e ラーニング教材で学習する一般グループ 22 名にランダムに分けた。さらに、希望者以外の 47 名をその他グループとした。

評価に用いた問題集(評価用問題集)は、C 言語の基礎知識が 38 問、多少は応用的なプログラム読解問題が 34 問となっており、合計で 72 問である。ただし、e ラーニング用の問題集と言うこともあり、期末試験に必要な学習レベルには足りない。これらは oqXML で記述されているため、ゲーム教材を実現する提案システムにおいても、自動採点機能を持った一般的な e ラーニング教材を実現する oq-player においても使用可能である。これにより、ゲームグループと一般グループの学習内容を完全に同一にしている。

授業においては、中間試験と期末試験があるが、その平均点をグループごとと比較することにより評価を行った。

アンケートを実施したが、実際の授業で活用しているため期末試験の近い時期に重なり、ゲームグループで 5 名、一般グループで 4 名のみの回答であった。少数ではあるが、多少は参考になると考え集計を行った。

## 5. 評価結果

各グループの各テストの平均点は図 7 の通りである。どれも 100 点満点に換算している。中間テストにおいては、ゲームグループの方が一般グループより約 5 点高く、提案システムの有効性が確認できる。一方、期末テストでは、ゲームグループと一般グループの間の差が小さい。評価に用いた問題集の内容は、e ラーニング用という制約もあり、期末試験と比較すれば基本的である。期末試験を受ける頃の学生は、授業を通じて基本的な内容を何度も繰り返していることを考慮すると、e ラーニングの効果が小さくなることは自然であると考えられる。少なくとも、授業担当教員から見れば、評価用問題集は中間試験のための学習に向いているように見える。提案システムはゲームを行う時間が必須であり、同じ時間の学習であれば、一般的な e ラーニング教材より学習時間が必ず少なくなる。しかしながら、どちらの試験においてもその悪影響は確認できない。その他グループの平均点は、ゲームグループや一般グループと比べると、どちらの平均点も顕著に低い。e ラーニングを希望する学習意欲と e ラーニング教材の存在を合わせた影響は大きいことがわかる。

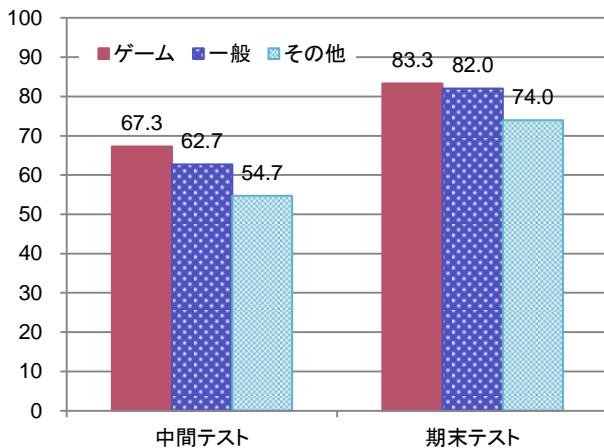


図 7 各グループの平均点

以上より、提案システムは単純な学習内容において、一般的な e ラーニング教材より効果的であることが示された。ただし、これは一般的な e ラーニングシステムより、常に提案システムが優れていることを意味しているわけではない。提案システムは、学習意欲がわきにくい単純な学習内容に対して効果的なのであって、学習者が非常に高い学習意欲を持っていれば、ゲームの魅力は不要であり、提案システムの効果はあまり期待できない。また、提案システムは、長文読解や本格的な数学の問題のような高度な学習内容には適用不可能である。

アンケート結果は表 2 のようになった。回答数が少ないながらも、多少の傾向が読み取れる。

表 2 アンケート結果

	ゲーム グループ	一般 グループ
どの程度活用したか		
非常に活用した	0%	0%
かなり活用した	20%	0%
普通に活用した	20%	75%
あまり活用しなかった	40%	25%
全く活用しなかった	20%	0%
役に立ったか		
非常に役に立った	0%	0%
かなり役に立った	20%	25%
普通に役に立った	60%	25%
あまり役に立たなかった	20%	25%
全く役に立たなかった	0%	25%
紙教材と比べて		
よりはるかに学習意欲を感じた	20%	0%
より学習意欲を感じた	20%	50%
同程度に学習意欲を感じた	20%	50%
より学習意欲を感じなかった	40%	0%
よりはるかに 学習意欲を感じなかった	0%	0%
使いやすさ		
非常に使いやすい	0%	25%
使いやすい	20%	25%
普通	20%	50%
使いにくい	60%	0%
非常に使いにくい	0%	0%
楽しめたか		
非常に楽しめた	20%	0%
かなり楽しめた	20%	25%
普通に楽しめた	20%	75%
あまり楽しめなかった	40%	0%
全く楽しめなかった	0%	0%
ゲームとのバランス		
非常に学習に偏っている	0%	—
かなり学習に偏っている	0%	—
バランスがとれている	80%	—
かなりゲームに偏っている	20%	—
非常にゲームに偏っている	0%	—

「どの程度活用したか」については、ゲームグループは、「全く活用しなかった」、「かなり活用した」がどちらも 20%になるなど、回答の幅が広いが、「あまり活用しなかった」が 40%と平均的には少し低評価である。ただし、ゲームの好みが存在することを考慮すれば、ある程度は仕方がないと考えられる。一般グループは「普通に活用した」が最も多く、中程度の評価である。これは、好みの影響が小さいためであると考えられる。

「役に立ったか」については、ゲームグループの方が、「普通に役に立った」に回答が集中している。活用の度合いは低くとも、役立ったようである。一般グループでは

「かなり役に立った」から「全く役に立たなかった」まですべて 25%であり、ゲームグループと比べると多少低い。

「紙教材と比べて」については、ゲームグループの方が回答の幅が広い。「より学習意欲を感じなかった」が 40%ある一方で「よりはるかに学習意欲を感じた」が 20%であり、好みが分かれたようである。一般グループは「より学習意欲を感じた」、「同程度に学習意欲を感じた」のみであり、手堅く意欲を感じさせるようである。また、これも好みの影響が小さいためであると考ええる。

「使いやすさ」においては、提案システムと oq-player の進展の差が顕著に現れている。oq-player は、長年に渡り改善が繰り返されており、現在では、毎日ダウンロードされるような、多くのユーザを抱えるフリーソフトウェアとなっている。それに対して、提案システムはまだ試作品の段階に近く、改善の余地が大きい。提案システムの今後の課題である。

「楽しめたか」についても、ゲームグループの方が回答の幅が広く、「あまり楽しめなかった」が 40%の一方で、「非常に楽しめた」、「かなり楽しめた」がどちらも 20%となり、平均的には普通くらいの評価である。これから、より多くの人に好まれるゲームを設計することが課題であることがわかる。

ゲームグループのみの項目である「ゲームとのバランス」であるが、「バランスがとれている」が 80%で良好な結果である。

提案システムは、学習者によって非常に高い評価と、非常に低い評価に分かれるが、これはゲームの好みの影響であると考ええる。提案システムの短所を解決するには、ゲームの変更などが考えられるが、一般の e ラーニング教材は非常に低い評価が少ないという特徴と oq-series を活用すれば解決が可能である。すなわち、oq-series の特徴を活用して提案システムと、一般の e ラーニング教材を同時に提供し、学習者に選んでもらうことにより、非常に低い評価を防ぐことができる。

## 6. おわりに

学習に楽しさを取り入れることを目指したゲーム教材が数多く開発されているが、ゲーム性をほとんど取り入れられていないシステムや、適用できる学習内容に汎用性が低いシステムなどが多い。そこで、本稿ではコンピュータゲームを e ラーニング教材に本質的に取り入れながらも、学習内容に対して汎用性の高いゲーム教材システムを提案した。提案システムにおいては、短時間で回答可能で、機械的に正誤判定が可能な問題のみが対象であり、取り入れるゲームは学習内容から独立してかつ、時々目を離してもプレーができるものになっている。授業での活用を通して、提案システムは、一般の e ラーニング教材より、効果的であることを示した。また、提案システムの評価のために行ったアンケートにより、提案システムに対しては、学習者によって非常に高い評価と低い評価にわかれること、一般的な e ラーニング教材に対しては安定して普通くらいの評価が得られることが、ある程度確認できた。以上により、本稿の最終的な提案は、oq-series により、コンピュータゲームを本質的に取り入れた提案システムと、一般の e ラーニング教材を同時に用意して、学習者に自由に選んでもらう、極端に低い評価を防止するという方式となる。oq-

series は、提案システムと一般の e ラーニング教材用ソフトを含むソフトウェア集合体であり、問題集データが共通であるため、提案システムと一般の e ラーニング教材を、容易に、同時に準備することができる。

今後の課題としては、提案システムの操作性などの基本的な改善や、学習管理システムとの連携などが挙げられる。

## 参考文献

- [1] <http://moodle.org/>
- [2] <http://www.blackboard.com/>
- [3] <http://www.webclass.jp/>
- [4] <http://study.kids.yahoo.co.jp/japanese/>
- [5] <http://cgi2.nhk.or.jp/charo-nclub/>
- [6] 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課 監修, “e ラーニング白書 2006/2007 年版”, 東京電機大学出版局 (2006).
- [7] 小島一秀, “問題集のための総合的な e ラーニングシステムの開発と評価”, 第 9 回情報科学技術フォーラム講演論文集 第 3 分冊, K-018, pp.651-656 (2010).
- [8] 小島一秀, “多様な問題形式に対応する問題集データ記述方式”, Vol. 6, No. 6, pp.465-466 (2007).
- [9] <http://el.minoh.osaka-u.ac.jp/flc/per/index.html>