

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

Development and Evaluation of General E-learning System for Collections of Problems

小島 一秀[†]

Kazuhide Kojima

1. はじめに

近年、社会における競争の激化や必要とされる知識の高度化などにより、教育機関や企業において、よりいっそうの教育の高度化や効率化が求められるようになってきている。教育の高度化や効率化に対して、計算機や情報通信技術を応用した e ラーニングの活用が盛んであるが、実際の導入においては、多くの課題が残されている。

効率的な e ラーニング環境の構築には、学習管理システム (LMS) [1][2][3] の導入が重要であるが、安くはない費用や運用の手間などから LMS を導入できない組織も少なくない。また、電子化のメリットには、柔軟な再利用性があるが、問題集などの教材が LMS 内に固定される場合も多く、そのメリットが十分に活かされていない。

そこで、本稿では、問題集を用いた e ラーニングを容易に実現でき、開発した e ラーニング問題集をできる限り広範囲に再利用し、LMS がなくとも効率の良い学習管理を実現するシステムを提案する。

なお、本稿では、“問題集”に並んでいる“問題”と、解決や議論すべきものという広い意味の“問題”と区別するために、前者を“問い”と記述する。

2. e ラーニング導入の実例

大阪大学 e ラーニングプロジェクト (プロジェクト) では、大阪外国語大学の頃から、e ラーニング問題集を作成する独自のソフトウェア oq-producer[4][5]を中心に様々なソフトウェアを公開しながら、同時に、様々な e ラーニングに関する相談に対応してきた。

相談を寄せる可能性のある組織としては、LMS を導入済みで教材を充実させたいような組織から、全く初めて e ラーニングを導入したい組織までが考えられる。しかしながら、実際にプロジェクトに相談を寄せるのは、初めて e ラーニングを導入する組織がほとんどであり、相談が進展しても LMS 導入には至らないケースがほとんどである。ここ数年で特に継続的なやりとりにより詳細が判明している事例 10 件においては、全てにおいて e ラーニングの導入は初めてであったが、LMS まで導入するに至ったのは 1 件のみである。その 1 件ですら、特別な状況での導入であり、担当者自身は導入に消極的という状況であった。個々の詳細は述べられないが、約半数のケースは、誰もが知っているとは行かないまでも大企業といえる組織である。

以上から、それなりの規模の組織が e ラーニングを必要としても、LMS を導入しないことが珍しくないことがわかる。詳細がわかる事例が少なくはあるが、大企業の事例が半数近いにもかかわらず、LMS 導入事例は 10 件に 1 件であり、その 1 件も担当者は導入に消極的であったという事

実は、大きな意味を持つと考える。

3. e ラーニングにおける問題集教材の課題

e ラーニングにおける問題集には、様々な課題が残されている。LMS 内に作り込む問題集教材 (LMS 問題集) は、成績収集 (学習管理) を行いやすいが、その LMS 上でしか使用することができず、電子化されているにも関わらず再利用性が非常に制限される。当然、複数の組織で教育を行う場合、LMS 問題集では使い回すことができない。また、e ラーニング教材の多様化、高度化により [6][7]、特定の LMS の機能だけでは足りない可能性も高い。もちろん、前節のように様々なコストのために LMS を導入しない場合には、そもそも採用することができない。

LMS から独立した問題集教材 (独立問題集) は、組織にかかわらず広範囲に使用することができるが、学習管理の効率が悪い。SCORM などによって LMS との連携も可能ではあるが、SCORM 自体に違いの小さくない複数のバージョンがある上に、LMS が多様なため、結果的に各組織の SCORM の対応状況も多様となり、SCORM による解決もそれほど万能ではない。もちろん、LMS を導入しなければ、SCORM による学習管理も不可能である。また、LMS 問題集とは異なり、独立問題集は独立して動作するために、正解がファイル内に含まれており、カンニングが容易な教材も珍しくない [7][8]。正解を暗号化していても独立教材自体が復号化する以上、正解を技術的に得ることができ、そのソフトが一定以上普及すれば解析ツールが登場する可能性もある。したがって、学習者の代理回答を許容した場合でも、独立問題集は本格的な試験を行うことが困難である。

4. 提案システム

4.1 提案システムの目標

以上から提案する e ラーニング問題集システムには、次のような目標を持たせている。

- 目標 A : LMS を必要としない独立した動作
- 目標 B : 徹底した問題集の再利用
- 目標 C : LMS なしで機能する効率のよい学習管理
- 目標 D : 正解情報を含まない e ラーニング問題集を選択可能

また、極めて基本的ではあるが、提案システム自体の開発が効率的に行えること (目標 E) も重要である。

4.2 提案システムの構成

提案システムは、1 つの XML 規格と、5 つのソフトウェアからなっており、それらは図 1 のような関係を持っている。図 1 の横方向は教育活動の段階を、下部は情報環境を、上部は紙媒体環境を示している。

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

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 (oq-player 問題集) の生成まで行う。oqXML は問題集を記述するための XML 規格である[9]。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-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最上部)。oq-player は、指導者に成績を印刷して提出するための成績印刷データと、指導者に送信するための成績や学習状況を暗号化した成績返信データを生成する。ゲーム教材は教育実施用のソフトウェアであり、単純な内容の反復学習にゲームを取り入れたソフトウェアである。学習管理においては、oq-marker が集めた成績返信データを一括処理し成績データに変換する。このとき、oq-producer が生成した採点用データを使用する。

以降では、個々の要素の詳細を述べながら、既に述べた目標 A から E を実現していることを示す。

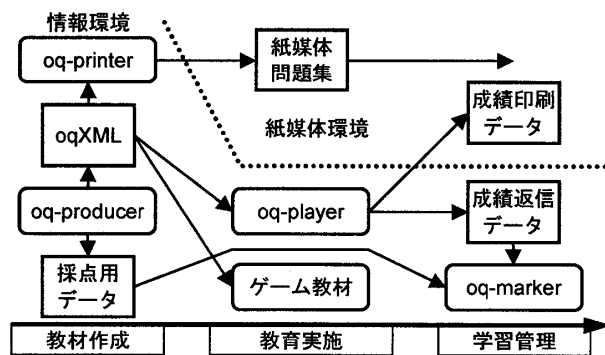


図1 提案システムの構成

4.3 oqXML

提案システムは、効率的で柔軟なシステムとするために、様々な形式の問いを統一的方式で記述する問題集記述規格 oqXML を基盤としている。図1からも、採点用データに oqXML が含まれていることを考慮すれば、全てのソフトウェアの基盤となっていることがわかる。

oqXML は、大問や小問による様々な問題集構成に対応し、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である。問題集の表現では、問題形式ごとに個別に対応するシステムが多いが、oqXML では解答欄の階層的なグループ(解答欄グループ)の作成、解答欄グループ内での入力内容の入れ替わりの可否、解答欄グループ内での全問正解要求の有無という3要素の記述により極めて高い表現力を実現している。基本的には、文字入力問題と選択問題に対応しているが、これらと上の3要素を組み合わせることにより、文字入力問題と選択問題がセットとなり完答を要求する問いや、組み合わせを複数作成する問いなど極めて多彩な問題形式に対応可能であり、マークシ

ートでない模擬試験を用いた記述力の評価においても非常に良い結果が得られている[9]。

単純な構造を持った一種類の記述規格を基盤とすることにより、目標 B の教材の再利用性、目標 E の提案システム自体の効率的な開発を支えている。

4.4 oq-producer

oq-producer は、後で述べる問題集記述規格である oqXML 形式の問題集データを GUI で作成し、後で述べる oq-player や必要ファイルを添えて独立問題集を生成するソフトウェアである。

提案システムにおいて、教材作成時に使用するソフトウェアであり、データの流れの起点となっている(図1)。また、oq-marker による学習管理の準備を行うソフトウェアであり、RSA のキーペアを作成し、公開鍵を oq-player 教材に、秘密鍵を採点用データに格納する。oq-player 教材生成時に試験モードを選べば、正解情報を持たない oq-player 教材を生成できるが、この場合は、oq-marker が採点用データを用いて採点を行う。これにより、目標 D の本格的な試験が実現される。

画面構成は、左エリアが問題集の構成要素の一覧表で、中央エリアが左側で選択された構成要素に含まれるデータの入力欄で、右エリアが問題集作成の支援機能である(図2)。

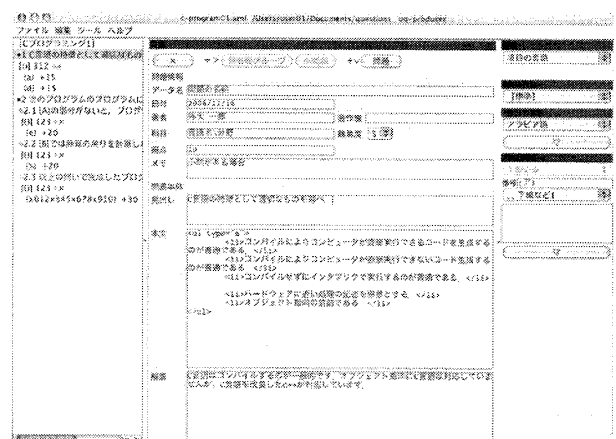


図2 oq-producer

4.5 oq-player

oq-player は oqXML で記述された問題集を e ラーニング問題集として動作させるソフトウェアである。LMS は不要であり、目標 A を実現している。機能は多岐にわたり、oqXML の全機能に対応し、多彩な問題形式に対する採点を実現する。

また、学習管理のための3種類のデータを生成する機能を持つ。1つめは、成績印刷データであり、ポップアップで表示され、それを印刷し、署名や押印をして、指導者に提出するような使い方をする。実際に、この機能を使用している事例もある。

2つめは成績返信データであり、成績をグループウェアやメールにより送信するための暗号化データである。学習

者の手間を軽減するために、成績返信データをクリックすると自動的に成績記録データ全体が選択されるように作られており、ささやかではあるが目標 C に貢献している。oq-producer によって格納された公開鍵を用いるため、採点用データを持つ指導者のみが oq-marker を用いて復号できる。学生だけでなく、組織の構成員に対しても個人情報保護法が適用されるため暗号化は重要である。

3 つめは、成績記録データであり、学習者が学習結果を Excel や OpenOffice.org Calc などに貼り付けて自分で管理するためのタブ区切りの成績データである。oq-producer の試験モードによって生成された oq-player 教材は、採点や正解の表示は行わず、未採点の成績返信データと成績記録データを生成する。

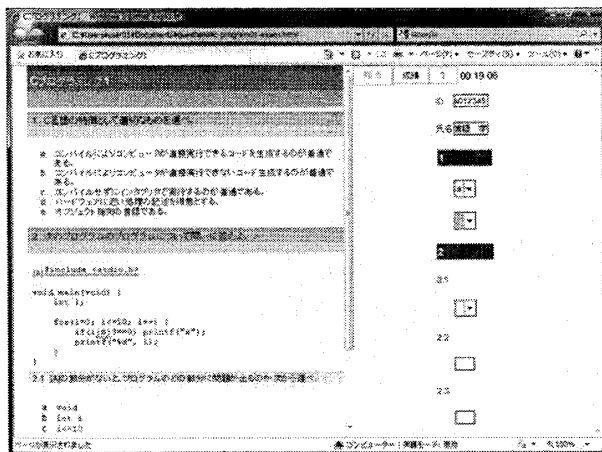


図3 oq-player 教材

4.6 oq-printer

プログラミング!

学籍番号 氏名

1. 言語の特徴について適切なものを選べ。

a. コンパイルによりコンピュータが直接実行できるコードを生成するのが普通である。
 b. コンパイルによりコンピュータが直接実行できないコードを生成するのが普通である。
 c. コンパイルせずにインタプリタで実行するのが普通である。
 d. ハードウェアに近い処理の記述を再帰とする。
 e. オブジェクト指向の言語である。

☐ a ☐ b ☐ c ☐ d ☐ e

2. 次のプログラムのプログラムについて、問に答えよ。

```
#include <stdio.h>
void main(void) {
    int i;
    for(i=0; i<10; i++) {
        if(i%3==0) printf("%d", i);
        printf("\n", i);
    }
}
```

2.1 [A]の部分が正しいと、プログラムのどの部分に問題が生じるのかから選べ。

a. void
 b. int i
 c. i<10
 d. ++
 e. printf

☐ a ☐ b ☐ c ☐ d ☐ e

2.2 [B]では計算の値を計算しているが、適切な変数を用いた文字で答えよ。

2.3 以上の問題で完成したプログラムの実行結果を正確に記述せよ。

図4 oq-printer による紙媒体の問題集

oq-printer は oqXML で記述された問題集データを紙媒体の問題集として印刷するソフトウェアである (図 4)。oqXML の記述力により、oq-printer が多彩な問題形式を印刷できることになる。様々なレイアウトが可能で、問題文

と解答欄の並んだ用紙や、両者が別れた用紙、採点用に正解と配点が添えられた用紙などを作成できる。図 4 は、oq-printer で作成された紙媒体の問題集で、問題集データは図 3 と同一であり、目標 B を実現していることがわかる。

解答欄は、正解の文字数を参考にしながら、離散的なサイズで作成されるため、正解が入りながらも、正解を予測しにくい解答欄を自動で作成できる。oq-printer を使用した場合は、当然、学習管理も紙媒体で行うことになる (図 1)。

一見不要なソフトウェアのようにも見えるが、提案システム全体のダウンロード数の 1 割程度を常に維持しており、一定のニーズがあることが判明している。

4.7 ゲーム教材

学習において、単語や年号の暗記、計算のような単純な学習を反復することは、非常に重要であるが、その単調さゆえに続かないこともしばしばである。そこで、単純な内容の問題集とゲームを組み合わせて、単調さを抑え、楽しさを加えることを狙った教材システムを開発した (図 5)。ゲームは 1 種類に限る必要はないが、現在は、画像や音声、難易度などを細やかにカスタマイズ可能な、ゲーム教材の基盤となるソフトウェアの 1 種類が、名称を除いて完成している。ゲーム部分の詳細は省くが、一般的なゲームとは異なり、常にゲームに集中する必要のないゲーム設計となっており、ゲームと学習の統合を実現している。問題集からランダムに出題される問に答えるが、正解時にはポイントが入り、そのポイントをゲーム部で活用するようなゲームルールとなっている。

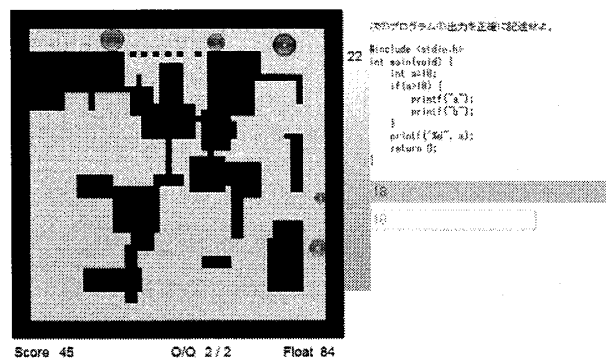


図5 ゲーム教材

使用する問題集データは、oqXML の縮小セットで記述されており、小問がなく、各問いの解答欄が 1 つのみに制限されている。これは、提案システムのゲーム教材が、退屈になりがちな単純な学習の反復を目的としているためである。また、長文読解や数学の大問のような問いをゲームに取り入れようとしても、高い難易度のために集中力を要求される上に、つながりの強い小問が並んでおり、ゲームを入れ込もうにも、時間的、心理的隙間が少なく困難である。現時点では、学習管理のための仕組みは用意されていないが (図 1)、将来的には追加する予定である。

このゲーム教材が加わることに、提案システム内で一旦問題集データを用意すれば、e ラーニング問題集、紙媒体の問題集に加えて、ゲーム教材という 3 通りの使い方が可

能となり、目標 B を実現することになる。なお、このゲーム教材は他のソフトウェアとは異なり未公開である。

4.8 oq-marker

oq-marker は学習管理ソフトウェアで、学習者が指導者に返信した成績返信データを解読し、表形式にするソフトウェアである。指導者の学習管理の労力を少しでも軽減するため、様々な受信状況を想定している。

学習者は、グループウェアのファイルアップロード機能やアンケート機能、メール送信などで成績返信データを送信するが、指導者は、全成績が 1 ファイルにまとめられてダウンロードされる場合、1 学習者の成績が 1 ファイルとなつて一括ダウンロードされる場合、表示しかできない場合が考えられる。

oq-marker は 1 ファイルに複数の学習者のデータがあつても処理可能であり、指定フォルダ以下のファイルを一括して処理することも可能である。これにより、指導者が一括して学習者の成績をダウンロードできるという条件を満たせば、ファイルの指定操作のみで学習管理が行え、LMS 問題集との学習管理の手間の差は非常に小さくなる。このような条件は決して厳しいものではなく、グループウェア、問題集機能が十分でない LMS、文字列を受け取ってファイルにまとめる CGI などがあれば実現可能である。実際に、CGI と oq-marker の組み合わせを検討している組織も存在する。また、メールであっても工夫次第でこの条件を満たすことができる。

成績返信データが画面に表示されるだけの場合は、指導者は成績返信データをコピーし、oq-marker の“入力”ボタンをクリックすることを繰り返す。このとき、貼付け操作は不要であり、コピー文字列に余計なデータが含まれていても正常に処理されるようになっており、操作を効率化している。また、成績返信データに含まれている決まった文字列により、メールソフトの自動分類を活用することができる。手間ではあるが、小規模な e ラーニングに限れば、十分に効率的である。

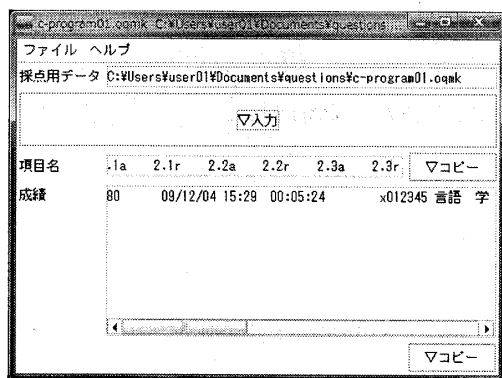


図6 oq-marker

4.9 提案システム自体の開発効率

oq-producer, oq-player, oq-printer, oq-marker はどれも Java で開発されており、1 種類コードを書くだけで Windows, Mac OS X, Linux などで作動する。例えば、oq-

producer の特定のバージョンの公開ファイルは 1 種類しかないにも関わらず、Windows 用ソフトウェアのサイトで公開されているだけでなく、Apple のサイトにおいては“スタッフのおすすめ”指定を受けた状態で公開されている[10]。

ソフトウェアの内部構造も整理されており、oqXML を解読するコードは oq-producer, oq-player, oq-printer, oq-marker で共通であり、効率のよい開発を実現している。

また、oqXML という単純な設計の単一の基盤で動作しているため、提案システムに新しくソフトウェアを追加する場合にも効率的である。例えば、oq-printer の開発のときには、oqXML への対応を行うだけで多彩な問題形式への対応を実現した。問題集構成や問題形式ごとにモードを用意するシステムでは、各モードに対応する開発を行う必要があり開発効率が低下する。

以上の開発方針により、目標 E である提案システム自体の開発効率の高さが実現されている。

5. 提案システムの評価

次のような理由で、評価におけるアンケート対象は提案システムを本格的に使用している指導者が 5 名のみとなっている。

まず、本評価は提案システムに対する、学内外を対象とした評価の第一段階としており、大がかりな評価や提案システムの改良の準備と位置づけているためである。次に、指導者は学習者より圧倒的に少ない上に、提案システムを導入時から順調に使用しているユーザからの連絡はほぼあり得ないため、提案システムの本格的なユーザを捜すのは困難であることが挙げられる。

しかしながら、この指導者 5 名は、oq-producer による数十から数百問という十分な教材作成経験を持っており、そのうち 4 名は学外の企業などにおいて数十から数百人の教育を行う e ラーニング担当者である。残る 1 名は学内の教員で豊富な教育経験を有している。この指導者 5 名は、提案システムを用いた本格的な e ラーニングを実施するユーザという、回答の重要性が非常に大きい。

oq-printer は、一定のダウンロード数を常に維持しているが、本格的に活用しているユーザとの連絡がとれていないので評価からは外している。

5.1 oq-producer

表 1 oq-producer の評価結果 (名)

基本的な使いやすさ	非常に使いやすい	0
	使いやすい	5
	普通	0
	使いにくい	0
	非常に使いにくい	0
画像や音声などを用いた教材の作成のしやすさ	非常に使いやすい	0
	使いやすい	3
	普通	2
	使いにくい	0
	非常に使いにくい	0

“基本的な使いやすさ”は、は全員が“使いやすい”と回答しており良好な使いやすさであることがわかる。ただし、

“非常に使いやすい”が0名であるので、改善の余地が残されている。“画像や音声などを用いた教材の作成のしやすさ”は、“使いやすい”が3名、“普通”が2名であり、十分な使いやすさを実現しているが、基本的機能以上に改善が必要そうであることがわかる。全体として、oq-producerの使用感は良好であることがわかる。

5.2 oq-player

oq-playerの評価は、指導者と学習者の両方から行う必要があるが、本稿では、指導者側に絞って評価を行う。指導者ユーザへのアンケート結果を表2に示す。

“小問や複雑な採点規則など問題形式に関する表現力”は、“高い”が4名と最も多く、“普通”が1名となり、良好な結果である。ただし、マークシートではない模擬試験の多様な科目の多数の問いで評価した結果、非常に良い結果であったことからすると[9]、高機能がユーザに伝わっていない可能性がある。マニュアルやWebサイトの改善が必要かもしれない。

“画像や音声などによる表現力”は、“非常に高い”、“高い”ともに1名、“普通”が3名と平均的な結果ではあるが、多彩なメディアデータを用いたコンテンツを容易に作成できる現代の状況を考慮すると十分に良い結果であると考えられる。

“成績印刷による学習管理の有用性”は、“非常に有用”から“有用でない”まで回答が分散している。書類による提出を重視していれば必須の機能であるが、そうでなければ重要でないことを考慮すれば自然な結果と考える。“非常に有用”を含む肯定的な意見が、多くを占めており、基本的には有用性が高いことがわかる。

表2 oq-playerの評価結果(名)

小問や複雑な採点規則など問題形式に関する表現力	非常に高い	0
	高い	4
	普通	1
	低い	0
	非常に低い	0
画像や音声などによる表現力	非常に高い	1
	高い	1
	普通	3
	低い	0
	非常に低い	0
成績印刷による学習管理の有用性	非常に有用	1
	有用	1
	普通	2
	有用でない	1
	非常に有用でない	0

5.3 ゲーム教材

ゲーム教材の評価では指導者ではなく、学外の授業で希望者を集めてゲーム教材の評価を行った。希望者はあまり集まらず、アンケートを回収できたのはさらに減少し4名と少ないが、授業内容に合わせたゲーム教材を3週間使用するという実践的な評価である。

“使いやすさ”は、“使いやすい”が3名、“普通”が1名であり、使いやすさは良好であることがわかる。ただ

し、“非常に使いやすい”が0名であり、改善の余地があることがわかる。

“どの程度eラーニングシステムが役立ったか”は、全員が“役立った”と回答しているが、それより肯定的な回答はなく改善の余地が十分にあることがわかる。

“どの程度楽しめたか”は、“非常に楽しめた”から“あまり楽しめなかった”まで分散しているが、肯定的な回答に十分偏っており、十分に楽しめる教材となっていることがわかる。ゲームであれば大いに楽しめる方が良いので、これも改善の余地がある。

“学習とゲームのバランス”は、“バランスがとれている”が3名、“かなり学習に偏っている”が1名と、うまくバランスがとれていること、すなわち、常にゲームに集中する必要のない設計が成功していることがわかる。また、基本的にゲーム教材とは教材であるので、“かなり学習に偏っている”が4人に1人程度いるのはむしろ好ましいと考える。

表3 ゲーム教材の評価結果(名)

使いやすさ	非常に使いやすい	0
	使いやすい	3
	普通	1
	使いにくい	0
	非常に使いにくい	0
どの程度eラーニングシステムが役立ったか	非常に役立った	0
	かなり役立った	0
	役立った	4
	あまり役立たなかった	0
	非常に役立たなかった	0
どの程度楽しめたか	非常に楽しめた	1
	かなり楽しめた	0
	楽しめた	2
	あまり楽しめなかった	1
	非常に楽しめなかった	0
学習とゲームのバランス	非常に学習に偏っている	0
	かなり学習に偏っている	1
	バランスがとれている	3
	かなりゲームに偏っている	0
	非常にゲームに偏っている	0

5.4 oq-marker

2010年4月現在、oq-markerは公開から4ヶ月であり、本格的なユーザはおらず、指導者ユーザ5名のうち、3名が試用したり使い始めたりした状況であり、2名がoq-markerによる学習管理を理解している状況である。

“基本的な使いやすさ”は、3名のみがアンケート対象であるが、回答は“使いやすい”、“普通”のみとなっており、使用感に大きな問題はなさそうである。

“oq-markerによる学習管理の有用性”は、“非常に有用”から“有用でない”までばらついている。基本的には、“非常に有用”を含む肯定的な意見が、多くを占めており有用性が高いことがわかる。oq-markerは、その組織において活用できる成績返信データを送受信する手段によって、

使用感が異なることを考慮すると、自然な結果であると考ええる。

表4 oq-marker の評価結果 (名)

基本的な使いやすさ (対象者3名)	非常に使いやすい	0
	使いやすい	1
	普通	2
	使いにくい	0
	非常に使いにくい	0
oq-marker による学 習管理の有用性	非常に有用	1
	有用	1
	普通	2
	有用でない	1
	非常に有用でない	0

6. おわりに

本稿では、e ラーニング問題集を、広範囲に再利用し、LMS がなくとも効率の良い学習管理を実現するシステムとして、1つの問題集記述規格と5つのソフトウェアからなるシステムを提案した。単一の問題集記述規格を基盤とすることにより、一度 e ラーニング問題集を作成すれば、紙媒体の問題集、ゲーム教材を開発できる仕組みを実現している。e ラーニング問題集を動作させるソフトウェアに、学習状況と成績を公開鍵暗号で暗号化して返信のためのデータを作成する機能と、返信されたデータを一括して復号化し必要であれば採点を行う学習管理ソフトウェアにより LMS がなくとも、安全で効率的な成績管理が実現されている。提案システムに対して、本格的に活用しているユーザによる評価を行い、どのソフトウェアも高い機能と十分な使いやすさを有していることを示した。

今後は、LMS を保有しているユーザ向けとなる LMS との連携機能、問題集データのさらなる用途の拡大が課題になると考える。

謝辞

アンケートにお答え頂いた様々な組織の e ラーニング担当者の皆様、oq-producer その他をお使い頂いたユーザの皆様にご心より感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] <http://moodle.org/>
- [2] <http://www.blackboard.com/>
- [3] <http://www.webclass.jp/>
- [4] <http://el.minoh.osaka-u.ac.jp/oq/>
- [5] 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).
- [6] 鳥居 隆司, “iPod の教育への活用・実践そして可能性 - 資格取得を目的とした学習機器としての iPod の活用と実践”, Computer & Education, Vol.20, pp.12-17 (2006).
- [7] 岩成 英一, 小島 一秀, 村山 健二, 高橋 明, “多言語のための対話交渉シミュレータの開発と効果”, 日本教育工学会研究報告集, JSET08-1, pp.121-126 (2008)
- [8] <http://hotpot.uvic.ca/>
- [9] 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).
- [10] http://www.apple.com/jp/downloads/macosx/home_learning/