

HTML5 と JavaScript によるクロスプラットフォームな Low-First e-Learning System の構築

—学習項目一覧の呈示効果の検討と併せて—

水 野 り か*

序論

Low-First e-Learning System とは、分散効果の認知心理学的知見（水野，1997; 1998a; 1998b）に基づいて考案された e-Learning System で、複数の学習項目を反復学習する際に最も効果的かつ効率的な順序で学習項目が呈示されるよう設計されている（Mizuno, 2000；水野，2000；水野，2002a；2002b）。このシステムが準拠するのは、反復呈示の際、1. 加重累積正答率（ $P_n = \sum 2^{-(n-i+1)} p_i$ ，ただし， n ：現学習回数， p_i ： i 回目の正誤（1/0））の低い学習項目から先に呈示する「並べ替えの原理 1」，2. 加重累積正答率が一定以上（ $P_n \geq .75$ ）となった学習項目は除外する「除外の原理 2」，3. 反復のスパンが大きくなりすぎないように 1つのセッションでの誤答に上限を設ける「誤答上限の原理 3」（ $Err_j \leq 4$ ，ただし， j ： j 回目のセッション）の 3 原理である。これら 3 原理から成る Low-First 方式で 12 項目を学習した場合の学習過程の例を Table 1 に示す。

これら 3 原理のメカニズムの詳細についてはこれまで数多くの論文で紹介してきたので本稿では割愛するが（e.g., Mizuno, 2004），その効果と効率の高さはこれまで様々な教材で確認されてきた（e.g., 水野，2003）。そのため，筆者は心理学の専門用語の習得，心理学検定の自習用に利用するとともに（e.g., 水野，2005），心理学科教員の誰もが簡単に自分の教材をこのシステムで呈示できるようにするための Authoring System も開発してきた（e.g., 水野・松尾，2008）。

開発途上での最大の問題は，Low-First 方式のメカニズムや e-Learning System の使い勝手等ではなく，利用媒体の多様性と急速な仕様の変化であった。もともとこの e-Learning System は PC で利用されることを想定していたため，Java Applet として提供していた（水野，2005）。その後，e-Learning System にユビキタス性を持たせるために，様々なキャリアの携帯電話で利用可能とすべく，e-Learning System を NTT docomo の iAppli（水野・松尾，

* 人文学部教授—認知心理学・認知科学

Table 1 Low-First 方式で 12 項目を学習した場合の学習過程の例

セッション	学習項目番号 (○, ×: 正誤)												呈示順序											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	×	×	×	×									1	2	3	4								
2	○	×	○	×	×	×							1	2	3	4	5	6						
3	○	○	×	×	○	×	×						2	4	5	6	1	3	7					
4		○	○	○	○	×	○	×	×	○	×		4	6	7	3	2	5	8	9	10	11		
5			○	○		○	×	○	○	×	×	×	6	8	9	11	4	7	10	3	12			
6						○	○	○	○	○	○	○	11	12	7	10	6	8	9					
7							○			×	○	○	11	12	7	10								
8										○			10											
9										○			10											

2006a), Vodafone の Vappli (水野・松尾, 2006a) と, 様々な仕様の言語で各々のキャリアに対応したアプリケーションを開発し提供した。しかし, 携帯電話の言語仕様はその後も大きく変化し, 上述のアプリケーションが利用できなくなり, 代わりに様々な API の Java 言語, Brew 等の特定のキャリア独自の C/C++ 等が用いられ始め, すべてのキャリアに対応することが著しく困難となった。そこで, PC 用は Java Applet のままで, 携帯電話用は html と cgi で開発することになった。ところが, 全く新しい媒体であるスマートフォンが登場すると, html と cgi を用いるものの, 携帯電話とスマートフォンでは画面の大きさが全く異なるため, ユーザが利用するキャリアを判定して画面の大きさや呈示される画像の大きさを変える等, 非常に複雑な対応を余儀なくされた。しかし, これによりすべてのキャリアへの対応が可能となり, かつ, キャリアの性能も向上したため, 画像呈示や選択技法にも対応できるシステムに改良した上で, 新たに, より簡便な Authoring System を構築した (水野, 2012)。しかし, 最近になって, PC 用の Java Appletの方がブラウザのデフォルト状態で利用できなくなり, 別途 plug-in を必要とする等, 利用しやすい状況ではなくなってしまった。

そこで今回は, PC, スマートフォンの多くのブラウザで採用されつつあり, 今後も発展が期待される HTML5, CSS3 と JavaScript ですべてのキャリアに汎用の e-Learning System を構築し, 先に作成した Authoring System で作成したコンテンツがそのまま利用できるよう, 大幅な改良を施した。

HTML5 は, WHATWG や W3C により次世代の HTML として策定を進められている HTML 仕様である。その特徴は, 動画, 音声, グラフィック描画が可能となったこと, section, article, aside, nav, header, footer 等の新しい要素タグで以前よりアウトラインを整えやすくなったこと, そして, <!DOCTYPE html> で始まる等, 従来よりタグが簡素化されたことである。こうした特徴を持つ HTML5 は, 従来の HTML のような文章中心の Web ページではなく, アプリケーションの開発に適している。加えて, 共通の Web プラットフォームとして策定が進められてきているため, スマートフォンの OS を含めた様々な OS, 様々

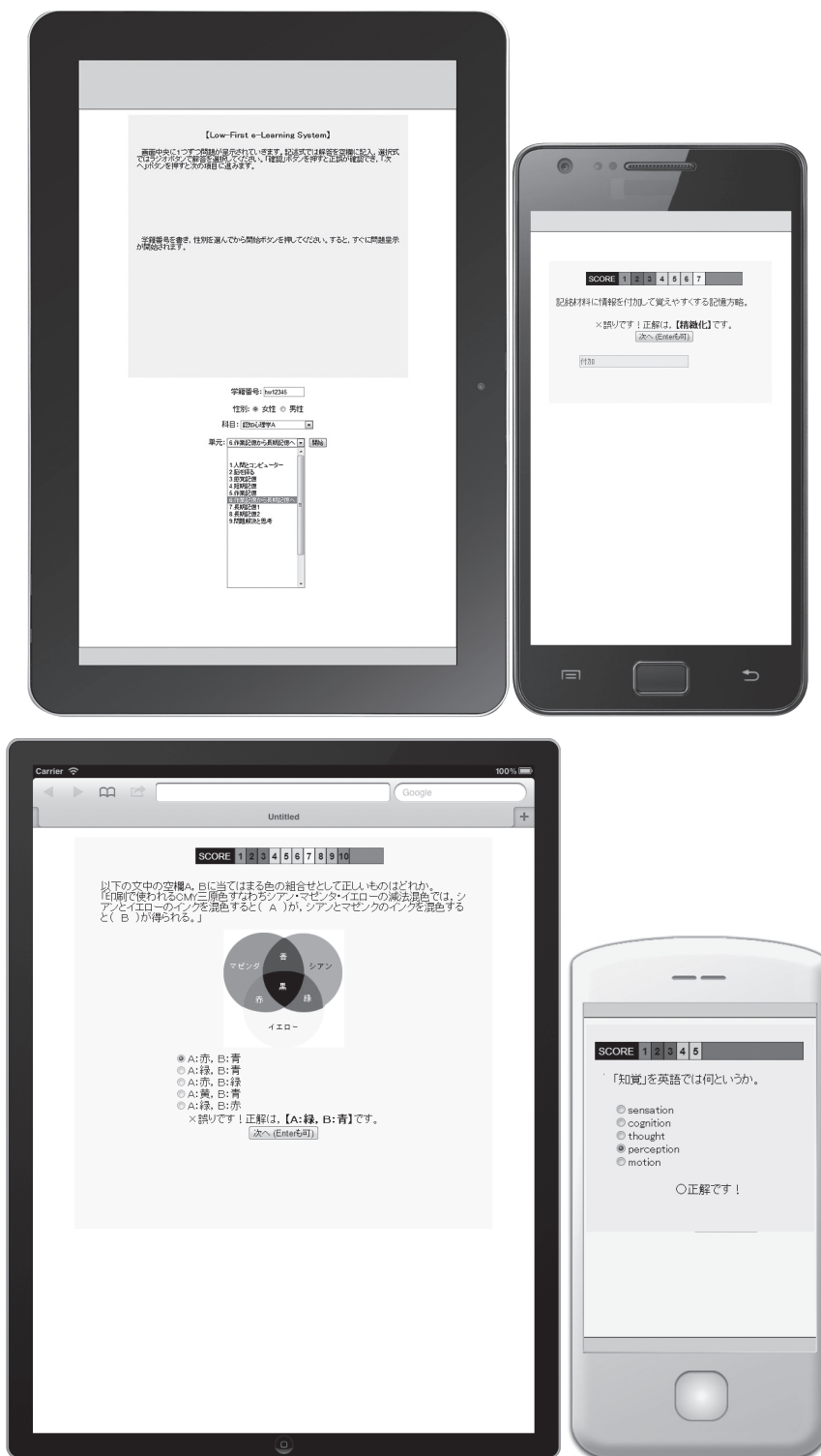


Figure 1. 各キャリアの e-Learning 画面

あなたの学習の進み方

正解	1回	2回	3回	4回	5回
維持リハーサル	×	○	○		
精緻化リハーサル	○	○			
分散効果	×	○	○		
符号化	×	○	○		
体制化	○	○			
主観的体制化	×	×	○	○	
Posner	×	○	○		
処理水準説	×	×	○	○	
精緻化	○	○			
生成効果	×	○	○		

[確認テストへ](#)

確認テスト

空欄に適語を記入してください。

1. クレイクとロックハート(F. I. M. Craik & R. S. Lockhart, 1972)が、記憶の持続性には処理の深さが影響するとした説。形態・音韻などの感覚レベルの処理(浅い処理、意味的な処理は深い処理だとされた。
2. 短期記憶から長期記憶へ情報を転送する心的操作のこと。これを繰り返すほど再生率が高まることを示したヘリヤー(S. Hellyer, 1962)の実験は有名。
3. タルビン(E. Tulving, 1962)の命名によるもので、個人が新しい情報を既存の記憶に組み込むために、自分自身の基準でまとまりを構成すること。
4. AA, Aa, ABといった2文字を呈示して異同判断をさせた反応時間から、形態的encodingと音韻的encodingの生起・減衰のタイミングを明らかにした心理学者(英語で名字だけ記せ)。
5. スラメックとグラフ(N. J. Slamecka & P. Graf, 1978)の見出した現象で、記録材料そのものを被験者が生成することで記憶が促進されること。
6. 短期記憶内に情報を保持しておくだけの心的操作のこと。これを明らかにしたのがクレイクとワトキンス(F. I. M. Craik & M. J. Watkins, 1973)の実験。
7. 記録材料に情報を付加して覚えやすくする記憶方略。
8. カテゴリーのようなまとまりを利用したり、イメージを作り上げたりといった心的操作を行って新しい情報を既存の記憶に組み込むこと。
9. 入力された刺激が内的処理が可能な形式に変換され、記憶表象として貯蔵されるまでの一連の情報過程のこと。英語ではencoding。
10. 間隔をあけない集中学習より、間隔をあけた分散学習の方が再生率が高いことを指す。

[確認](#)

Figure 2. PC で見た学習の進み方と確認テスト画面

なブラウザで実装が進められており、従来にない互換性を有するようになる可能性が高い。

HTML5 によるアプリケーション開発には JavaScript や DOM が不可欠で、これらの組合せでアプリケーションに高いインタラクティビティを持たせることができる。また、最新の CSS3 や SVG を利用することで、アプリケーションを様々なキャリアに柔軟に対応させることができる。

そこで HTML5, JavaScript, CSS と Ruby の cgi を利用して、HTML5 のグラフィック描画機能を活かした、PC からスマートフォン、携帯、タブレットにも対応した汎用の新システムを開発した。Figure 1, Figure 2 には、様々なキャリアと PC の e-Learning 画面を示す。同一のプログラムでも CSS を工夫することで、各キャリアで支障なく表示されるクロスプラットフォームな e-Learning System が実現できたことがわかる。

問題と目的

新しいシステムの開発に際しては、Low-First e-Learning System に対する学生評価から見出されていた問題を解消したシステムに改良したいと考えた。その問題とは、Low-First e-Learning System では呈示順序も変わり、すべての問題がひととおり呈示されるということもないため、どのような問題が呈示されるのかを事前に把握することが難しく、全貌がつかみづらいことであった（水野・松尾，2006b）。そこで新しいシステムでは、Figure 1 の右上に示したような記述式の問題形式の場合に限って、e-Learning 開始前に問題と解答の一覧を呈示してはどうかと考えた。しかし、事前に一覧を呈示すると短期記憶からの解答を促す結果となり、記憶の定着を阻害する可能性も考えられた。

そこで、一覧を呈示するシステムと呈示しないシステムを作成し、同じ課題を学習させた場合の、1. 確認テストの成績、2. 所要時間、3. 総アクセス項目数、4. 総セッション数に加え、5. 一覧表を呈示する是非、6. 上記研究で利用した e-Learning System に関する評価調査を実施し、一覧を呈示する効果、効率、学生の感想や評価を明らかにし、一覧を呈示するシステムを採用するか否かの指標とするものとした。

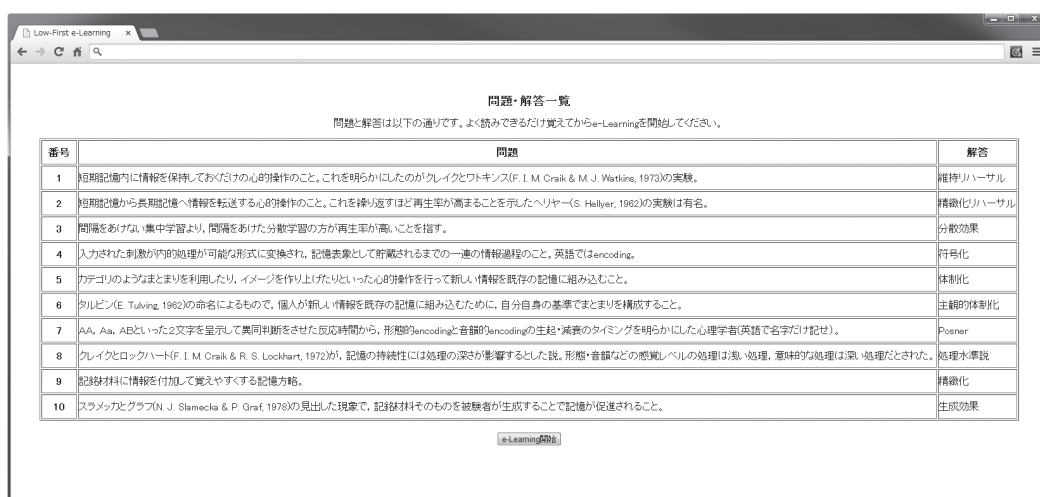
方法

参加者

大学生 75 名（女性 25 名，男性 50 名）。

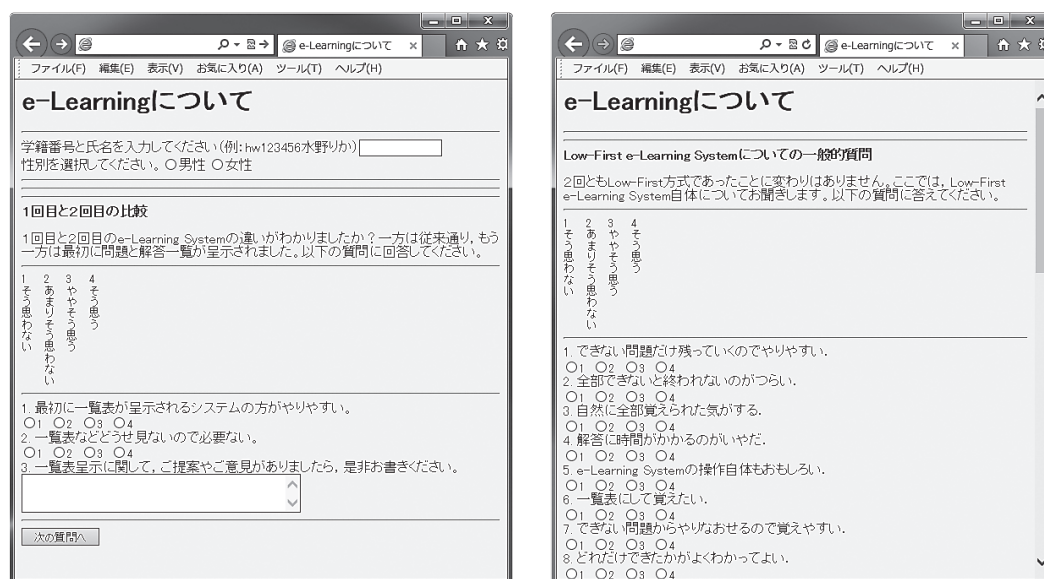
材料

認知心理学 A の「1. 人間とコンピュータ」と「6. 作業記憶から長期記憶へ」の各 10 問、計 20 問の問題を用いた。一覧を呈示する条件では、e-Learning 開始前に、Figure 3 に示すような問題と解答の一覧表を呈示した。2 つの単元の学習後に実施する調査は 1. 一覧表を呈示する是非を問う「1. 最初に一覧表が呈示されるシステムの方がやりやすい」、「2. 一覧表などどうせ見ないので必要ない」という 2 項目と、2. 水野・松尾（2006b）で用いた



番号	問題	解答
1	短期記憶内に情報を保持しておくための心的操作のこと。これを明らかにしたのはクレイクとワトキンス(F. I. M. Craik & M. J. Watkins, 1972)の実験。	維持リハーサル
2	短期記憶から長期記憶へ情報を転送する心的操作のこと。これを繰り返すほど再生率が高まることを示したヘリヤー(S. Hellyer, 1962)の実験は有名な。	精緻化リハーサル
3	間隔をあけて、集中学習より、間隔をあけた分散学習の方が再生率が高いことを指す。	分散効果
4	入力された刺激が目的処理が可能で形式に変換され、記憶表象として貯蔵されるまでの一連の情報過程のこと。英語ではencoding。	符号化
5	カテゴリのようなまとまりを利用したり、イメージを作り上げたりといった心的操作を行って新しい情報を既存の記憶に組み込むこと。	体制化
6	タルビン(E. Tulving, 1962)の命名によるもので、個人が新しい情報を既存の記憶に組み込むために、自分自身の基準でまとまりを構成すること。	主観的体制化
7	AA, AB, AAといった2文字を提示して異同判断をさせた反応時間から、形態的encodingと音韻的encodingの生起・減衰のタイミングを明らかにした心理学者(英語で名字だけ記せ)。	Posner
8	クレイクとロックハート(F. I. M. Craik & R. S. Lockhart, 1972)が、記憶の持続性には処理の深さが影響するとした説。形態・音韻などの感覚レベルの処理は浅い処理、意味的処理は深い処理だとされた。処理水準説	処理水準説
9	記録材料に情報を付加して覚えやすくする記憶方略。	精緻化
10	スラムメカとグラフ(N. J. Slamecka & P. Graf, 1978)の見出した現象で、記録材料そのものを被験者が生成することで記憶が促進されること。	生成効果

Figure 3. 問題と解答の一覧表呈示画面



e-Learningについて

学籍番号と氏名を入力してください(例: hw123456 水野りか)

性別を選択してください。○男性 ○女性

1回目と2回目の比較

1回目と2回目のe-Learning Systemの違いがわかりましたか？一方は従来通り、もう一方は最初に問題と解答一覧が呈示されました。以下の質問に回答してください。

1. 最初に一覧表が呈示されるシステムの方がやりやすい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

2. 一覧表などどうせ見ないので必要ない。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

3. 一覧表呈示に関して、ご提案やご意見がありましたら、是非お書きください。

Low-First e-Learning Systemについての一般的質問

2回ともLow-First方式であったことに変わりはありません。ここでは、Low-First e-Learning System自体についてお聞きします。以下の質問に答えてください。

1. できない問題だけ残っていくのでやりやすい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

2. 全部できないと終わらないのがつらい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

3. 自然に全部覚えられた気がする。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

4. 解答に時間がかかるのかいやだ。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

5. e-Learning Systemの操作自体もおもしろい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

6. 一覧表にして覚えたい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

7. できない問題からやりなおせるので覚えやすい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

8. どれくらいできたかがよくわかっていい。
☐ 1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4.

Figure 4. Web 調査画面

e-Learning System の評価に関する項目の中から一覧表に関する項目を除いた 35 項目 (Table 2 参照) で, 1. 「そう思わない」, 2. 「あまりそう思わない」, 3. 「ややそう思う」, 4. 「そう思う」の 4 件法とした。調査は QCAS という Web 調査作成システム (水野, 2011) で作成し, Web 上で実施するものとした (Figure 4)。

手続き

75 名をグループ 1 (19 名), グループ 2 (19 名), グループ 3 (19 名), グループ 4 (18 名) の 4 グループに分け, 各グループに 2 単元を学習させた。グループ 1 とグループ 2 は 1 回目は一覧を呈示しない呈示なし条件, 2 回目は一覧を呈示する呈示あり条件で学習を行い, グループ 3 とグループ 4 はその逆とした。そして, グループ 1 とグループ 3 には 1 回目に「1. 人間とコンピュータ」の単元を, 2 回目に「6. 作業記憶から長期記憶へ」の単元を学習させ, グループ 2 とグループ 4 はその逆とし, これにより, 単元の内容, 2 種のシステムの利用順序をカウンターバランスした。

実験及びその後の調査は集団で行った。参加者は上述の順序で e-Learning System にアクセスできるグループ別に用意された 1 回目と 2 回目の e-Learning へのリンクをクリックし, 各単元を自分のペースで Low-First 方式で完全学習し, 最後に確認テストを行った。確認テストでの問題の呈示順は参加者毎にランダムである。2 単元の学習の後, Web 調査へのリンクをクリックして調査に回答した。全所要時間の平均は約 20 分であった。

結果と考察

実験結果

確認テスト得点 平均 (SD) は, 呈示なし条件が 8.95 (1.70), 呈示あり条件が 9.01 (1.51) で, t 検定の結果, 有意差は認められなかった ($t(74)=.28, ns$)。両群とも全学習項目を 2 回ずつ正解してはじめて確認テストに解答できるよう設定されており, 呈示の有無の影響は確認テスト得点自体には反映されないと考えられるため, これは当然の結果と言える。

所要時間 平均 (SD) は, 呈示なし条件が 10 : 52 (3 : 10), 呈示あり条件が 11 : 01 (3 : 24) で, t 検定の結果, 有意差は認められなかった ($t(74)=.37, ns$)。実験では, 呈示あり条件は, 最初に呈示された一覧表をよく読み, 十分理解・記憶してから e-Learning を開始していた。したがって, 呈示あり条件では e-Learning での学習自体は早かったが, 一覧表を見ている時間が加算された結果両者の差が出なくなった可能性が考えられた。この可能性は次の 2 つの分析で確認されることになる。

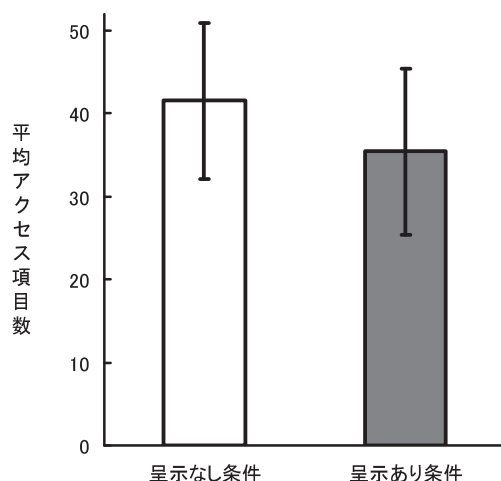


Figure 5. 呈示なし条件と呈示あり条件の平均アクセス項目数（縦棒はSD）

アクセス項目数 e-Learningでの学習中、何項目の学習を行ったかを調べた。誤りが多ければ学習項目が増えるため、この多少はいかに円滑に学習が進んだかを反映する。結果はFigure 5に示す通りで、 t 検定の結果、呈示あり条件の方が有意に少なかった ($t(74)=4.65$, $p=.00001$)。この結果は、呈示あり条件の方が学習がスムーズに進んでいたこと、そして、所要時間が等しかったのは、一覧表を見ている時間が含まれたためであることを示している。

セッション数 総アクセス項目数とほぼ同じ指標となるが、セッションが変わるということは、前の学習項目に戻ることを意味する。そのため、セッション数の多さは心理的に進行が遅い印象を与えると考えられたので、あえて両群の比較を行った。その結果、平均 (SD) は、呈示なし条件が8.29 (2.66)、呈示あり条件が6.91 (2.66) で、 t 検定の結果、呈示あり条件の方が有意に少なかった ($t(74)=3.83$, $p=.00013$)。この結果は、呈示あり条件の方が進行が早い印象を与えることを示している。

調査結果

一覧表を呈示する是非 呈示あり群のアクセス項目数やセッション数の少なさが学習が円滑に進んだ印象を与えていれば、一覧表を呈示する是非を問う2項目の回答にそれが反映されるはずである。平均評定値 (SD) は、「1. 最初に一覧表が呈示されるシステムの方がやりやすい」という項目が3.09 (0.89)、「2. 一覧表などどうせ見ないので必要ない」という項目が1.93 (0.93) であった（中央値は2.5）。各々の項目について、1. そう思わない、2. あまりそう思わないと3. ややそう思う、4. そう思うに2分して人数をカウントして χ^2 検定を行ったところ、1の回答は $\chi^2(1)=16.33$, $p=.00005$ と思う方が有意に多く、2の回答

Table 2 全質問項目の平均評定値降順並べ替え結果

質問項目	平均	SD
31. つらい暗記などはこういう e-Learning System で勉強したい.	3.61	0.59
15. 解答が正しかったか否かがすぐわかるところがよい.	3.60	0.68
23. 自習するにはもってこいだと思う.	3.57	0.64
1. できない問題だけ残っていくのでやりやすい.	3.55	0.70
9. 他の専門用語の e-Learning System も作ってほしい.	3.53	0.68
33. こうした e-Learning System がいつでも利用できたら良いと思う.	3.52	0.64
7. できない問題からやりなおせるので覚えやすい.	3.51	0.64
27. 10 問全部を同じ順番で単純に繰り返すよりははるかによい.	3.51	0.79
29. 簡単な操作でどんどん進めるので覚えやすかった.	3.47	0.64
12. 順番が入れ替わるからこそ本当に覚えられるのだと思う.	3.45	0.70
19. プリントだとやらないがこれならやる気がする.	3.43	0.76
13. どんどんできるようになっていくのでやる気がする.	3.37	0.71
28. 紙に書いて覚えるより覚えやすい.	3.35	0.73
5. e-Learning System の操作自体もおもしろい.	3.27	0.70
25. どんどん問題が減っていくのでやる気がする.	3.27	0.81
22. できない問題だけやればよくなるので覚えやすい.	3.23	0.78
3. 自然に全部覚えられた気がする.	3.17	0.70
8. どれだけでできたかがよくわかってよい.	3.09	0.96
20. コンピュータがないと利用できないのが困る.	2.77	0.91
6. 一覧表にして覚えたい.	2.39	0.91
32. 手で書かなければ覚えられない.	2.25	0.84
2. 全部できないと終われないのがつらい.	2.21	0.90
14. できない問題はいつまでたってもできない気がする.	2.11	0.89
4. 解答に時間がかかるのがいやだ.	2.08	0.80
16. 入力するのがめんどうだ.	2.00	0.90
26. いつまでもやらされるのでやる気が出ない.	1.93	0.83
24. 問題の順番がわからないのでやりにくい.	1.84	0.75
30. 勝手に順番が入れ替わるのがいやだ.	1.84	0.85
21. 10 項目が 1 ページに書かれたプリントの方が覚えやすいと思う.	1.79	0.83
34. 単語カードのようなもので覚えた方が効率がよい.	1.75	0.66
11. コンピュータを使って学習する必要はない.	1.73	0.78
17. 問題の呈示される順番が悪い.	1.73	0.66
10. 終わりがわからないのでやる気がでない.	1.72	0.80
18. 単調でつまらない.	1.72	0.67
35. 次々と問題が現れるのでいやになる.	1.67	0.66

Note. 網掛けは否定的項目

Table 3 因子分析結果

質問項目	因子			共通性
	1	2	3	
33. こうした e-Learning System がいつでも利用できたら良いと思う.	.775	-.187	.203	.676
29. 簡単な操作でどんどん進めるので覚えやすかった.	.757	-.397	.229	.783
23. 自習するにはもってこいだと思う.	.710	-.208	.414	.720
31. つらい暗記などはこういう e-Learning System で勉強したい.	.698	-.337	.246	.661
13. どんどんできるようになっていくのでやる気がでる.	.670	-.273	.246	.584
28. 紙に書いて覚えるより覚えやすい.	.588	-.247	.055	.409
9. 他の専門用語の e-Learning System も作ってほしい.	.527	-.093	.370	.423
15. 解答が正しかったか否かがすぐわかるところがよい.	.519	-.175	.372	.438
5. e-Learning System の操作自体もおもしろい.	.515	-.145	.245	.346
3. 自然に全部覚えられた気がする.	.510	-.276	.447	.536
26. いつまでもやらされるのでやる気が出ない.	-.140	.720	-.271	.612
35. 次々と問題が現れるのでいやになる.	-.420	.705	-.147	.695
24. 問題の順番がわからないのでやりにくい.	-.152	.661	-.481	.691
10. 終わりがわからないのでやる気がでない.	-.226	.648	-.116	.485
2. 全部できないと終われないのがつらい.	-.081	.615	.025	.386
17. 問題の呈示される順番が悪い.	-.195	.605	-.283	.485
30. 勝手に順番が入れ替わるのがいやだ.	-.165	.590	-.427	.558
21. 10 項目が 1 ページに書かれたプリントの方が覚えやすいと思う.	-.190	.578	-.107	.382
34. 単語カードのようなもので覚えた方が効率が良い.	-.327	.516	.093	.383
14. できない問題はいつまでたってもできない気がする.	-.118	.502	.030	.266
16. 入力するのがめんどろだ.	-.302	.488	-.102	.339
4. 解答に時間がかかるのがいやだ.	.020	.485	-.389	.386
18. 単調でつまらない.	-.126	.458	-.437	.417
11. コンピュータを使って学習する必要はない.	-.386	.416	-.155	.346
1. できない問題だけ残っていくのでやりやすい.	.371	-.202	.722	.700
27. 10 問全部を同じ順番で単純に繰り返すよりははるかによい.	.249	-.115	.698	.562
7. できない問題からやりなおせるので覚えやすい.	.495	-.169	.622	.660
22. できない問題だけやればよくなるので覚えやすい.	.327	.011	.617	.488
25. どんどん問題が減っていくのでやる気がでる.	.344	.011	.610	.490
12. 順番が入れ替わるからこそ本当に覚えられるのだと思う.	.303	-.175	.504	.376
19. プリントだとやらないがこれならやる気がでる.	.349	-.213	.238	.224
20. コンピュータがないと利用できないのが困る.	.223	.172	-.212	.124
32. 手で書かなければ覚えられない.	-.323	.375	.071	.250
6. 一覧表にして覚えたい.	-.040	.369	-.384	.285
8. どれだけできたかがよくわかってよい.	.059	-.141	.345	.142
二乗和	5.827	5.781	4.788	
寄与率	16.649	16.516	13.679	

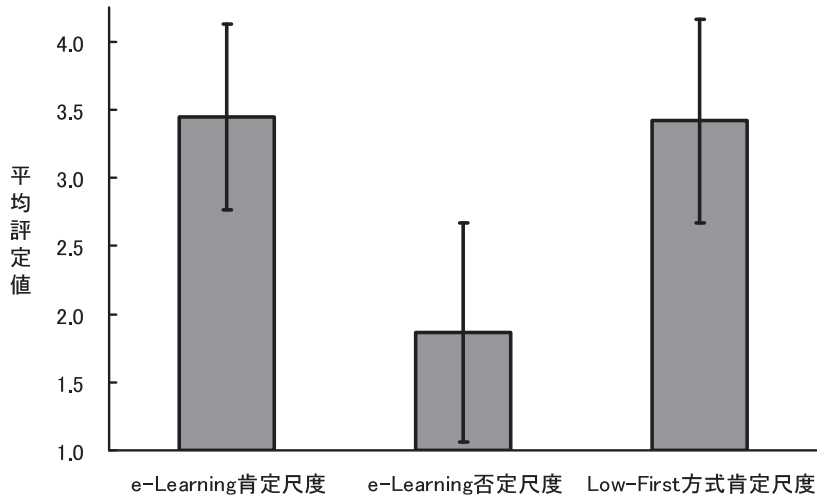


Figure 6. 各尺度の平均評定値

は $\chi^2(1)=20.28$, $p=.00001$ と思わない方が有意に多く、いずれも、一覧表が呈示された方がよいと感じていたことを示していた。

e-Learning System の評価 全項目の平均評定値を調べ、降順に並べたものが Table 2 である。網掛けの項目が否定的項目であり、そのすべてが下位に位置することから、全般的に e-Learning System が高く評価されていたことがわかる。

次に、主因子法、バリマックス回転で因子分析を行い、スクリープロットを参考に 3 因子を抽出した。因子負荷量 0.4 未満の 5 項目を残余項目として除外し、0.4 以上の質問項目をまとめ、3 つの尺度を構成した結果が Table 3 である。その上で、第 1 因子に負荷量の多い項目の尺度を「1. e-Learning 肯定尺度」($\alpha=.913$)、第 2 因子のそれを「2. e-Learning 否定尺度」($\alpha=.858$)、第 3 因子のそれを「3. Low-First 方式肯定尺度」($\alpha=.819$) と命名した。各尺度の平均評定値 (縦棒は *SD*) を示したのが Figure 6 である。これを見ると、肯定尺度 2 つの平均評定値が高く、否定尺度の平均評定値が低いことがわかる。先の一覧表呈示の是非を問う 2 項目の分析と同様、各尺度の評定人数を思うと思わないに 2 分して χ^2 検定したところ、「1. e-Learning 肯定尺度」では $\chi^2(1)=11266.68$, $p<.0001$ で思う方が、「2. e-Learning 否定尺度」では $\chi^2(1)=18986.25$, $p<.0001$ で思わない方が、「3. Low-First 方式肯定尺度」では $\chi^2(1)=315.63$, $p<.0001$ で思う方が有意に多く、学生が e-Learning System 及び、そこで採用されている Low-First 方式を高く評価していることを端的に示していた。

結論

HTML5 と JavaScript を用いることで、クロスプラットフォームな e-Learning System を完成することができた。また、実験と調査を通じ、問題と解答の一覧表を事前呈示することで e-Learning が円滑に進行すること、そして、この e-Learning System 及び Low-First 方式への学生評価は極めて高いことが明らかとなった。

今後は、Low-First e-Learning System に一覧呈示の機能を追加して運用するとともに、その教育コンテンツをさらに充実させ、より多くの専門科目の自習に学生がこのシステムを利用し、効果的かつ効率的に幅広い知識を身につけられるようにしていきたい。

引用文献

- 水野りか（1997）. 分散効果の生起過程の解明—再活性化説の実験とシミュレーションによる検証— 認知科学, 4(2), 20-38.
- 水野りか（1998a）. 分散学習の有効性の原因—再活性化量の影響の実験的検証— 教育心理学研究, 46, 11-20.
- 水野りか（1998b）. 再活性化説に基づく効果的な分散学習スケジュールの実現 教育心理学研究, 46, 173-183.
- 水野りか（2000）. 効果的な分散学習に関する認知心理学的知見の CAI への応用—遠隔教育用 CAI への適用とシミュレーションによる実証— 信州大学工学部紀要, 83, 1-10.
- Mizuno, R. (2000). A test of the effectiveness of the Low-First Spaced Learning Method applied to CAI. *Educational Technology Research*, 23(1・2), 35-44.
- 水野りか（2002a）. 分散効果の知見に基づく効果的、効率的で、やる気の出る反復学習方式の考案と検証 教育心理学研究, 50, 175-184.
- 水野りか（2002b）. 最適分散学習方式、改良 Low-First 方式の効果の持続性—実験的検証と予測モデルの構築— 認知科学, 9, 532-542.
- 水野りか（2003）. 学習効果の認知心理学 ナカニシヤ出版.
- Mizuno, R. (2004). The Effect of Mastery Feedback Appended to a CAI System for Spaced Learning. *Educational Technology Research*, 27(1・2), 31-38.
- 水野りか（2005）. ユビキタスなネットワーク環境と独自の e-Learning System に対する学生の評価 中部大学教育研究, 4, 175-190.
- 水野りか・松尾崇史（2006a）. 認知心理学的知見に基づいた Low-First 方式の携帯電話用 e-Learning システムの効果と学生の評価 教育システム情報学会誌, 23(4), 185-196.
- 水野りか・松尾崇史（2006b）. 携帯電話用 Low-First e-Learning システムの開発—その効果と学生評価— 中部大学教育研究, 6, 35-45.
- 水野りか・松尾崇史（2008）. 携帯電話用 Low-First e-Learning System の教材作成・管理用 Authoring System の開発 中部大学教育研究, 8, 67-74.

水野りか（編著）（2011）. Web 調査の簡易作成・管理システム：QCAS ナカニシヤ出版.

水野りか（2012）. 認知科学的知見に基づく Low-First 方式のモバイル e-Learning System の実用化に向けて 中部大学人文学部紀要, **28**, 1-25.

(2013 年 10 月 16 日 受理)