

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

水 野 り か*

Low-First 方式の理論的背景と認知科学的基盤

分散効果と再活性化モデル

一定の時間間隔をあけて反復学習する分散学習の方が時間間隔をあけない集中学習より高い学習効果が得られるいわゆる分散効果の原因は、長い間不明であった。しかし、水野（1997, 1998a）は、その原因が記憶の再活性化量にあるとする再活性化説を提起した。再活性化量とは、Figure 1 に示すように、初回の学習で活性化された記憶が再学習で再び活性化される場合の量を指し、初回の学習で上昇した記憶活性度が減衰する前に再学習を行う集中学習よりも、ある程度減衰した後で再学習を行う分散学習の方が再活性化量が多くなる。水野（1998a）はこの再活性化量を実験で測定し、その再活性化量とその実験で得られた再生率が Figure 2 に示すようなロジスティック相関を成すことを示し、再活性化説の妥当性を示した。そして、水野（1997）は、この記憶活性度の変化と両者の相関関係を数理モデル化し、

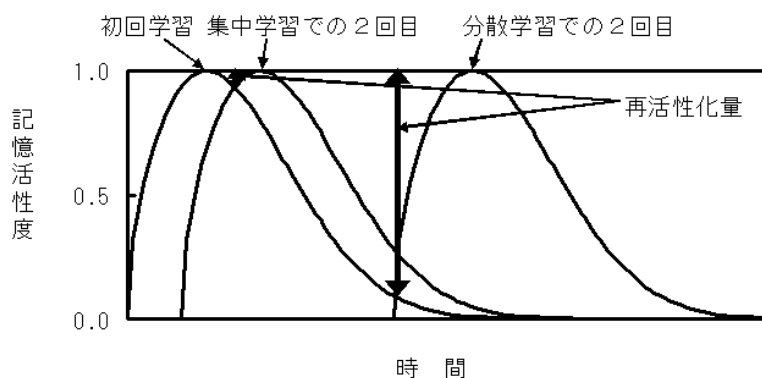


Figure 1. 集中学習と分散学習での2回目の学習時の再活性化量の相違

*人文学部教授—認知心理学・認知科学

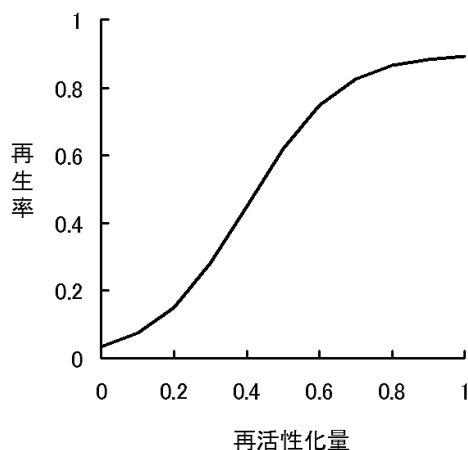


Figure 2. 再活性化量と再生率のロジスティック相関関係

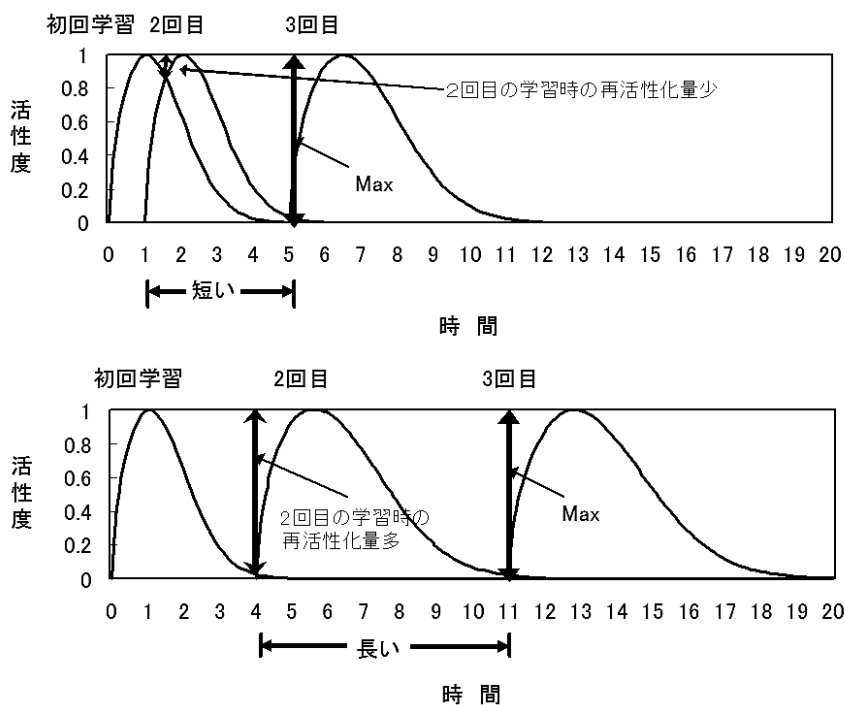


Figure 3. 3回目の学習が最も効果的になる呈示間隔

シミュレーションで推定される再生率と実験で測定された再生率がほぼ一致することから、再活性化説の数理モデルである再活性化モデルの基礎を構築した。

続いて水野（1998b）は、学習回数を2回から3回に増やした実験を実施し、2回目の呈示間隔が短い時は3回目の呈示間隔が比較的短い時に、2回目の呈示間隔が長い時は3回目の

呈示間隔が比較的長い時に再生率が最大になることを見出した (Figure 3)。そして、この原因は、2回目の再活性化量が少ない場合は記憶活性度の減衰速度が速く、2回目の再活性化量が多い場合は記憶活性度の減衰速度が遅くなるというように、学習量によって記憶活性度の減衰速度に違いが生じることにあるのではないかと考えた。そして、水野 (2002a, 2003a) は、それまでの学習量の指標である加重累積再活性化量に応じて記憶活性度の減衰速度が変化するように ((1)式)、加重累積再活性化量と再生率がロジスティック相関するように ((2)式)、再活性化モデルを改良し、そのシミュレーション結果と3回以上分散学習させた場合の再生率を照合し、その妥当性を検証し、再活性化モデルを完成した。

$$act = \alpha \sqrt{t} \exp^{-\frac{(t - \beta)^2}{\gamma(1.0 + cum_react)}} \quad (1)$$

ただし, act : 記憶の活性度 ($0 \leq act \leq 1.0$)

t : 経過時間

cum_react : 加重累積再活性化量

($= \sum w_i * react_i$)

w_i : 重み ($= 2^{-(n-i)}$)

$react_i$: i 回目の学習時の再活性化量

n : 当該時点での総呈示回数

α, β, γ : parameters

$$Pr = \frac{\delta}{1.0 + \exp^{-\varepsilon(cum_react - \zeta)}} \quad (2)$$

ただし, Pr : 再生率の推定値

$\delta, \varepsilon, \zeta$: parameters

Low-First分散学習方式

有意味な教材を理解・習得することを支援する教材は多いが、英単語、年号、専門用語等の比較的独立した学習項目を機械的に記憶することを支援する教材はほとんどない。分散学習はこうした機械的記憶を効果的かつ効率的に行う際に有効であることがわかっている数少ない学習方式の1つであり、再活性化モデルを基にそれを最も効果的かつ効率的に行う方法を考案することができれば、様々な教材の習得に役立てることができる。

また、機械的記憶は教授者が支援するものではなく学習者が個人で行うべきものであ

り、その進度は個人差が大きい。そしてそうした支援は、いわゆるコンピュータ支援教育 (computer-assisted instruction)、e-Learning Systemでの教育が最も適している。

そこでMizuno (2000)、水野 (2000, 2001, 2002b, 2003a) は、再活性化モデルを基に最も学習効果が高まる反復学習方式を考案し、これをe-Learning Systemに適用しようと考えた。その方式がLow-First方式である。Low-First方式とは例えば、 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 という複数の学習項目を反復呈示して学習させる際に、次のセッションも a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 と呈示するのではなく、個々の学習者の学習状況に応じてその反復呈示の順序や個数を最適にする方式で、以下の3つの原理から成る。

原理1. 並べ替えの原理 Figure 3及び(1)式から明らかなように、それまでの加重累積再活性化量、言い換えれば、以前の学習量が少ない場合ほど記憶活性度の減衰速度は速い。再学習によって十分な再活性化量を得るためには、前の学習で上昇した記憶活性度が減衰しきる前に同じ学習項目が再度呈示されることが必要である。したがって、 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 という複数の学習項目を反復呈示して学習させる場合、次のセッションでは、加重累積再活性化量が少ない項目は早めに、高い項目は後から呈示した方が確実かつ十分な再活性化が可能となる。

そこで考え出されたのが並べ替えの原理で、(1)式の cum_react を簡便化した次の(3)式であらわされる加重累積再活性化量、 P_n の低い順に次のセッションの学習項目の呈示順序を並べ替えるものとした。これが、Low-First(再生率の低いものを先に)方式の名前の所以である。

$$P_n = \sum_{i=1}^n 2^{-(n-i+1)} * p_i \quad (3)$$

ただし、 n : 現学習回数、 p_i : i 回目の正誤 (0/1)

原理2. 削除の原理 Figure 2から明らかなように、加重累積再活性化量が一定以上になると再生率は頭打ちになる。したがって、ある程度以上加重累積再活性化量が得られた場合はそれ以上学習を繰り返しても学習効果の上昇はほとんど期待できないため、その項目は学習完了とみなし削除するものとした。その基準は、これまでの実験結果に基づき、(4)式のように定めた。

$$P_n \geq 0.75 \quad (4)$$

原理3. 誤答上限の原理 水野 (2001) は、学習すべき項目数を8とし、これを原理1と原理2だけを適用したLow-First方式で学習させた場合、作業記憶容量の大きい学習者の再生率は上昇するが、作業記憶容量の小さい学習者の再生率が上昇しないことを見出した。そ

してこれは、誤答数が多すぎると加重累積再活性化量，すなわち，それまでの学習量の少ない項目ばかりを反復することになるため，作業記憶容量の小さい学習者ではすべての項目の記憶活性度が減衰してしまい，次のセッションでの再活性化が不可能であるためであることを見出した。

そこで，作業記憶容量の小さい学習者でもできなかった項目の記憶を再活性化することができるよう，誤答数に上限を設けた。上限は上の実験結果に基づき，4とした。

フィードバック 以上に加え，水野（2003b, 2004）は，学習者が自らの学習過程をモニタリングすることができるように，原理2で学習項目が学習完了とみなされて削除されるたびに完了した学習項目数と残りの学習項目数が視覚的にわかるようなマスタリ・フィードバックを追加した（Figure 4参照）。そして，マスタリ・フィードバックのある場合とない場合の学習効率と学習者のやる気を比較し，ある場合の方が学習効率，動機づけの両側面で優れることを見出した。

Table 1に，上の3つの原理から成る Low-First 方式で10個の学習項目を反復学習した場合の学習過程の例を示す。4項目間違えると次のセッションに移り，次のセッションでも4項目間違えるまで問題が追加・呈示される。2回連続して正解し $P_n \geq 0.75$ となるとその学習項目は削除されていき，最後にすべての学習項目が削除されて学習が終了となる。

Low-First 方式で学習した場合とアクセス項目数がほぼ等しい単純反復方式，つまり，Table 1で言えば総アクセス項目数が41なので，4回単純に反復学習した場合のテスト成績



Figure 4. パソコンの Low-First e-Learning Systemでのマスタリ・フィードバック（下部）

Table 1 Low-First方式での学習過程の例

セッション	呈示順序(問題番号)	問題番号・正誤(0/1)										アクセス 項目数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1 2 3 4	0	0	0	0							4
2	1 2 3 4 5 6	1	0	0	1	0	0					6
3	2 3 5 6 1 4 7 8	1	0	1	1	0	0	1	0			8
4	2 5 6 8 3 7 9		1	0		0	0	1	1	0		7
5	5 6 9 3 2 8 10		1	1		0	1		0	0	1	7
6	5 9 8 6 10 3			1		1	1		1	1	1	6
7	5 9 8					1			1	1		3
		合計										41

は、Low-First方式の方が有意に高いことが確認されている（Mizuno, 2000）。また、すべての項目を2回連続で正答するまでのアクセス項目数はLow-First方式の方が有意に少ないこと、学習者の学習意欲はLow-First方式で学習した場合の方が有意に高いことが確認されている（水野, 2002b）。つまり、Low-First方式は、効果的、効率的で、やる気の出る反復学習方式なのである。

Low-First e-Learning Systemの教育実践での活用

パソコンと各種携帯電話への対応

水野（2005）は、パソコンで利用できるLow-First方式のe-Learning Systemを学科のサーバに構築し、専門科目の専門用語の学習コンテンツを用意して学生の自学自習に利用させたところ、学生から高い評価を得た。そして水野・松尾（2006a, b）は、このe-Learning Systemをどこでも、いつでも利用できるユビキタス性の高い携帯電話で利用できるよう、docomoのiアプリ、auのEZアプリ、VodafoneのVアプリのe-Learning Systemを作成した（Figure 5参照）。そして、学習効果に加え、入力の手やすさ、画面の見やすさ等について学生に調査を実施し、学生が携帯電話で利用できるe-Learning Systemを極めて肯定的に受け止め、自学自習に利用したいと希望していることを明らかにした。

仕様の統一と Authoring Systemの開発

しかし、その後の携帯電話のアプリケーションの言語仕様は極めて多様となり、様々なAPIのJavaや、Brew等の新しい携帯電話用C/C++等、事業者によって異なる言語が用い



Figure 5. iアプリで作成された Low-First e-Learning System の画面例

られるようになっただけでなく、その変化も著しかった。そのため、すべての携帯電話で e-Learning System が利用できるよう各種言語で System を構築するのは一研究者では不可能となった。ところが一方では、学生の携帯電話で利用できる e-Learning System への評価はさらに高まり、より多くの専門科目の教材（コンテンツ）を用意してほしいという要望が多く、多くの学生から寄せられた。

そこで水野・松尾（2008）は、機種依存の言語利用をやめ、パソコンでも携帯電話でもブラウザで表示できる html と cgi で e-Learning System を再構築しようと考えた。そしてその再構築の際に、どんな教員でも簡単に教材を作成できるような仕組みを付加することで、より多くの専門科目の教育コンテンツを提供できるようにしようと考えた。そして、Low-First e-Learning System を html と cgi で再構築し、その System に呈示される教材を誰でも簡単に作成・管理できるような Authoring System を付加した（Figure 6）。これにより、多くの教員が専門科目の教材を簡単に作成できるようになり、教育コンテンツも充実し、学生の要望に応えることができた。

問題作成・編集 - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

アドレス(D) http://psy.isc.chubu.ac.jp/~rune/cgi-bin/elearning_system/edit_system/index.cgi 移動

「科目:認知心理学」「単元:第1章 感覚と注意」の問題作成・編集

選択式・記述式問題設定

- 2以上の数字を入力して「設定」ボタンを押すと、入力数分の選択項目がある選択問題となります。
- 1を入力して「設定」ボタンを押すと、記述式の問題となります。
- 既に設定済みの問題について、記述式から選択式に切り替えると、解答は削除されます。選択式から記述式に切り替えた場合、全ての解答が1になります。

4

問題・解答入力

- 問題とその解答を入力してください。
- 問題と解答に、「:」と「~」を使用することはできません。
- 編集が終了したら「保存」ボタンを押してください。押さないでページを移動すると保存していない編集結果が失われます。

選択式の注意

- 解答の最初の入力欄(青色)が正解となり、それ以外(赤色)は、不正解となります。
- 選択肢の表示順は、ランダムで入れ替わります。

記述式の場合の注意

- 受講者は、解答に入力した文字列と全く同じ文字列を入力しないと正解出来ません。

1	問題				
	解答				
2	問題				
	解答				
3	問題				
	解答				
4	問題				
	解答				
5	問題				
	解答				
6	問題				
	解答				
7	問題				
	解答				
8	問題				
	解答				
9	問題				
	解答				
10	問題				
	解答				

Figure 6. 教材作成・管理用 Authoring System の問題作成・編集画面

Low-First方式のモバイルe-Learning Systemの実用化に向けて

スマートフォンへの対応の必要性

2011年10月の時点でのスマートフォンの普及率は12.8%で、その利用は現在でも急速に進展・拡大しているとされる（コムスコア，2012）。実際，こうした新しい媒体に最も興味を持ちがちな所属学科の大学生の状況を見てみると，2011年4月の時点で既に25%がiPhoneをはじめとするスマートフォンを所有しており，2012年4月には，その比率は53%と大幅に上昇していた。実際筆者は，パソコンと携帯電話で回答できるWeb調査を作成するシステム，QCAS（questionnaire construction and administration system）を開発したが，スマートフォンで表示が見にくいと数多くの学生から苦情を受け，急遽，スマートフォンに対応すべく改良を施した上で発表した（水野，2011）。

したがって，実用化のためには，スマートフォンへの対応が不可欠である。パソコンと携帯電話の画面の違いは，空白行の有無程度で対応することができたが，スマートフォンでは以下の点に留意して改良を施す必要がある。

1. iOS系のiPhone等とAndroid系のスマートフォンは携帯電話よりもはるかに高解像度のため，表示される字や図が著しく小さくなってしまう。

2. iOS系のiPhone等とAndroid系のスマートフォンではブラウザの仕様が異なるため，別個にcssを用意しなければ同じように表示されない。

3. iOS系のiPhoneには独自の見やすいラジオボタン等が用意されているため，単なるブラウザの仕様の違いだけでなく，それらに対応したcssを作成する必要がある。

その他にも，Android系のラジオボタンは小さいため，感度をよくするためにラベルをクリックしてもラジオボタンにチェックが入るように工夫する必要があったり，ラジオボタンを端に用意すると触れた時に画面が移動してしまうためラジオボタンを中央にずらす必要があったり等，必要な微調整は枚挙にいとまがないほどである。しかし，今後益々スマートフォンが増加することが予想される以上，Low-First方式のモバイルe-Learning Systemを実用化するためには，現時点で必要だと考えられる微調整についてはできる限り行う必要があることは疑いもない。そして，高解像度で使いやすいというスマートフォンの利点を活かし，e-Learning Systemをより美しく，見やすく，使いやすいものにすることが大切である。

管理機能の充実と移植可能な仕様への改良の必要性

従来このLow-First e-Learning System及びそのAuthoring Systemは，学内利用だけを想定して構築してきた。しかしながら，機械的学習の支援システムとしての有効性の検証結果及

び実績から考えて、これをできるだけ多くの人に活用してもらう方が望ましいことは疑いもない。しかし、そのためには、これまでのような管理機能では不十分でいくつかの改良が必要であり、また、他のサーバにも移植可能な仕様に変更する必要がある。具体的には、以下のような改良が必要である。

1. 学内だけで利用していた際は、サーバの設定変更等の場合は、事前に利用教員にその旨伝え、教材データが保存されたディレクトリを各自 download して保存してもらい、設定変更後にそのデータを upload してもらうという方法で教材を維持・管理してきた。しかし、公開と実用化を考えた場合、作成した教材は Authoring System の画面から download/upload できるように仕様を修正すべきである。

2. これまでは、利用希望のあった教員をサーバにユーザ登録し、Authoring System が利用できるようサーバ操作で設定を行ってきた。しかし、これを他のサーバに移植して管理・運用するためには、e-Learning Authoring System の管理者がユーザ登録等の設定が行えるような管理機能を Authoring System 自体に追加する必要がある。

3. どのような Web サーバにも簡単に移植可能なように、System を構成するファイルを整理し、必要な環境情報、例えば、サーバ名や e-Learning Authoring System の保存ディレクトリ、データ保存ディレクトリ、ruby へのパス等を環境ファイルに指定しさえすれば、すべてを簡単にインストールすることができるインストーラを用意する必要がある。

実用化に向けて改良すべき点

1. 問題と正答の入力方式は、従来は、Figure 6 に示すような該当欄に1つずつ記入する方式であった。これ以外にもより簡単な入力方式として、1題毎に問題と正答を一括入力する方式と全問一括入力の方式を用意する（Figure 7）。

2. 最終確認の場合などは、単純反復方式で学習すればよい。また、検定試験問題のように確実に習得させたい教材は、Low-First 方式で学習させたい。そこで、学習者に目的に応じて学習方式を選んで学習できるような設定、そして、教授者が学習方式を指定できるような設定を加える。

3. 問題に画像を呈示する必要がある場合がある（統計学の学習教材等）。問題の下に画像を呈示することができるよう改良する（Figure 7 参照）。

4. 日本語→英単語、などという教材があった場合、その逆も可能にできるような「逆転」ボタンを設ける。

5. 最後に確認テストが表示されるが、その場合の選択肢の順番を学習時と異なるようにし、「2番目が正解」等を記憶して解答できないようにする。

6. 問題の作成途中で作業を打ち切った場合はアクセスできないようにしたい。そのために、「公開」「非公開」を選択できるボタンを用意する。



Figure 7. 一題每一括入力と、一括入力の問題作成・編集画面

7. 学習者の e-Learning System の利用履歴を残し、ダウンロードできるようにする。利用履歴には、1) 氏名や学籍番号等のフェイスシートの情報、2) 学習した科目名、3) 単元名、4) 逆転の有無、5) 利用した学習方式、6) 学習開始日時、7) 学習終了日時、8) 学習過程（セッション数と、セッション毎の呈示問題番号と正誤）、9) 確認テストの各問の正誤と得点を記録する。

改良された Low-First 方式のモバイル e-Learning System

前節の必要性と改良すべき点を踏まえ、System を大幅に改良した。改良された Low-First 方式のモバイル e-Learning システムの概要と、インストール要件、インストール方法、及び、利用方法を記す。

概要

改良された Low-First e-Learning System は、Authoring 画面で問題や正答あるいは選択肢と正答を入力するだけで、記述式（Figure 8 左）、あるいは、選択式（Figure 8 右）の問題を



Figure 8. 記述式（左）と選択式（右）の携帯電話の学習画面例

Low-First方式か単純反復方式で、パソコンでも、携帯電話でも、各種スマートフォンやタブレットでも、学習させることのできるシステムである。1つの単元の問題数はLow-First方式の性質上10個前後が望ましいが、14個、8個等、自由に指定することができる。また、記述式ではなく選択肢にする場合は、選択肢の数を指定することもできる。必要ならば問題に画像を付加することも可能である。問題は、科目、単元で分類・整理することができる。作成した問題はパソコンにバックアップ（download）することができ、好きな時にリストア（upload）することができる。また、前節の7に書いたように、学習日時や学習過程等、学習者の利用履歴を一括してダウンロードすることができるため、学習者の学習状況をモニタすることも可能である。作成途中は科目・単元毎に用意された公開ボタンにチェックを入れず完成してからチェックを入れれば、完成後にのみ学習者に特定の科目・単元のe-Learningを利用させることができる。

インストール先はWebサーバで、1名の教員がシステム管理者となってインストールし、ユーザの追加、削除、パスワードの設定等のユーザ管理を行う。WebサーバはUnix系で、無償のディストリビューションのあるLinuxで構わない。学習者は、指定されたURLにブラウザでアクセスして学習を行う。指定されたURLにアクセスさせるには、学習者にURLを本文に書いたメールを送信するか、URLへのホットリンクを日常的にアクセスさせる学科や教室のWebページに用意してそれをクリックさせればよい。

インストール要件

Linuxを含めたUnix系のWebサーバにインストールする。ただし、いくつかの稼働要件があるため、インストール前に、Webサーバの管理者に確認し、ruby等がインストール可能ならばインストールを依頼する。基本的な要件、確認・依頼事項は以下の通りである。

- 1) Unix系であること。
- 2) apacheがインストールされていること。
- 3) apacheで、".htaccess"による制御（アクセスやCGI等の制御）が可能であること。
".htaccess"による制御の詳細については、次節のインストール方法のconfig.txtの指定方法の最後の部分を参照されたい。
- 4) apacheでBasic認証が可能なこと。
- 5) ruby 1.8系がインストールされているか、インストールしてもらえること（<http://www.ruby-lang.org/ja/>）。
- 6) rubyのプログラムをapacheでCGIプログラムとして利用できるよう設定されていること。

インストール方法

準備 まず、環境設定ファイル、"config.txt"を自身の環境に合わせて書き換える。"config.txt"ファイルの書き換え例をTable 2に示す。

1, 2については、Webサーバの管理者に問い合わせること。3には本体である"elearning_system"フォルダを保存するディレクトリを書く。このディレクトリは、cgiプログラムを設置するディレクトリで、かつ、必ずsuexecが有効なディレクトリでなければならない。よってこれも、Webサーバの管理者に確認すること。4は3のディレクトリに外部からアクセスする時のURLを書く。5はユーザーデータを保存するフォルダなので、Web公開されるディレクトリ（例えば"public_html"）やcgiプログラムが保存されるディレクトリ

Table 2 環境設定ファイル、"config.txt"の設定例（△は半角あけ。網掛けが書き換え部分。）

1. rubyのpath△	<u>/usr/bin/ruby</u>
2. httpasswdのpath△	<u>/usr/bin/httpasswd</u>
3. systemのディレクトリ△	<u>/home/hogehoge/public_html/cgi-bin/elearning_system</u>
4. 3に外部からアクセスする時のURL△	<u>http://www.honyarara.ac.jp/~hogehoge/cgi-bin/elearning_system</u>
5. ユーザーデータのディレクトリ△	<u>/home/hogehoge/elearning_system_data</u>
6. 管理者ID△	<u>kanri</u>
7. 管理者PW△	<u>kanripw</u>

(例えば"cgi-bin") 以外にしておくこと。6の管理者IDと7の管理者PWは、本システムをインストールして管理者となる人がユーザ管理を行う際に必要なIDとパスワードで、任意に設定してよい。

最後に、Webサーバの管理者に、apacheの設定ファイル("httpd.conf"等)が、"elearning_system"フォルダを設置するディレクトリの以下の設定変更を、".htaccess"でできるように記述されているかどうか確認する。

- ① AllowOverride ディレクティブの AuthConfig, FileInfo, Limit, Options
- ② Options ディレクティブの ExecCGI

以下に、apacheの設定ファイル("httpd.conf"等)の記述例を示す。

例：本システムの管理者を"hogehoge"とした場合、

```
<Directory "/home/hogehoge/public_html/cgi-bin"> (elearning_system フォルダを設
置するディレクトリ)
    AllowOverride AuthConfig FileInfo Limit Options
    (もしくは、AllowOverride All)
    Options ExecCGI
    (もしくは、Options All)
</Directory>
```

インストール 以下にインストール手順を示す。再インストールする場合は同じ手順で構わない。環境が同じならば、つまり、"config.txt"の設定が変わらないならば、再インストールしても作成済みのユーザ情報や教材のデータはそのまま利用できる。"config.txt"の設定を変える場合は、elearning_system_data フォルダを別途保存しておいて新しい設置場所にあらかじめ移動しておくか、各ユーザに全科目のバックアップをとってもらい再インストールの後リストアしてもらうなどすれば前の情報を利用することができる。

1) Webサーバで

① "elearning_system"フォルダを("config.txt"は変更済みであること)、フォルダごと、パソコンからWebサーバの本システムの管理者のディレクトリの任意の箇所(下の例では/home/hogehoge/)にWinSCP等でアップロードする。

```
# ls -l (elearning_systemの存在の確認。)
drwxr-xr-x 3 hogehoge 4096 June 13 07:51 public_html/
drwxrwxr-x 6 hogehoge 4096 July 15 11:46 elearning_system/
```

② ssh等でWebサーバにログインし、コピーした"elearning_system"ディレクトリに移動して、"installer.rb"でインストールする。

```
# cd elearning_system ("elearning_system" ディレクトリへの移動)
# ruby installer.rb (インストーラの稼働)
```

③ "config.txt"の3で指定したディレクトリに"elearning_system"フォルダが作成され、5で指定したディレクトリに"elearning_system_data"フォルダが作成されたことを確認する。

```
# cd public_html/cgi-bin ("config.txt"の3で指定したディレクトリへの移動)
# ls -l
drwx---r-x 6 hogehoge 4096 July 15 12: 51 elearning_system/
# cd public_html ("config.txt"の5で指定したディレクトリへの移動)
# ls -l
drwxr-xr-x 3 hogehoge 4096 June 13 07: 51 public_html/
drwxrwxr-x 6 hogehoge 4096 July 15 11: 46 elearning_system/
drwxrwxr-x 3 hogehoge 4096 July 15 12: 51 elearning_system_data/
...
```

④ インストールに用いた"elearning_system"フォルダの中に、"admin.html"というファイルが作成される。"admin.html"ファイルは、"config.txt"の内容に合わせて作成された管理用のファイルなので、これをWebサーバからパソコンにダウンロードする。# cd (ホームディレクトリへの移動)

```
# cd elearning_system ("elearning_system" ディレクトリへの移動)
# ls -l
-rw-r--r-- 3 hogehoge 3678 July 15 12: 51 admin.html
...
```

⑤ インストールに用いた"elearning_system"フォルダを削除する。

```
# cd
# ls -l
drwxrwxr-x 6 hogehoge 4096 July 15 11: 46 elearning_system/
drwxr-xr-x 3 hogehoge 4096 June 13 07: 51 public_html/
...
# rm -r elearning_system
# ls -l
drwxr-xr-x 3 hogehoge 4096 June 13 07: 51 public_html/
...
```

2) ブラウザで表示した管理画面で

ダウンロードした"admin.html"をパソコンのブラウザで開けると、Figure 9のような調査システム管理画面が現れるので、1のユーザ管理でユーザの登録とパスワード設定を行う。



Figure 9. admin.htmlの管理画面

管理者もユーザになる場合はユーザ登録が必要である。ユーザ登録したユーザには、IDとパスワード、及び2に書いてあるURLを伝える。これをクリックしてそのIDとパスワードを入力すると、Authoring Systemにアクセスすることができる。

利用方法

Low-First e-LearningのAuthoring Systemの初期画面をFigure 10に示す。各ユーザは、科目と単元を一番上の例のように階層的に作成することができる。

1. 問題作成 初期画面 (Figure 10) の「科目作成・編集」で、「科目追加」をクリックし、Figure 11の上図の科目名の空欄に科目名を記入して「保存」をクリックすると、Figure 11の下図のように、右に「単元作成・編集」ボタンが現れる。

これをクリックするとFigure 12上図のような単元作成・編集画面が現れるので「単元追加」をクリックし、中図のように単元名を記入し、逆転か否か、学習方式を選択した後「保存」をクリックすると、下図のように右に「問題作成・編集」ボタンが現れる。

個別入力を選べばFigure 13の上図、一題每一括入力を選べば中図、一括入力を選べば下図のような記入欄が現れるので、画面の指示に従い、問題と選択肢、正答等を記入する。Figure 13は選択肢を5、問題数を10と設定した場合の例である。

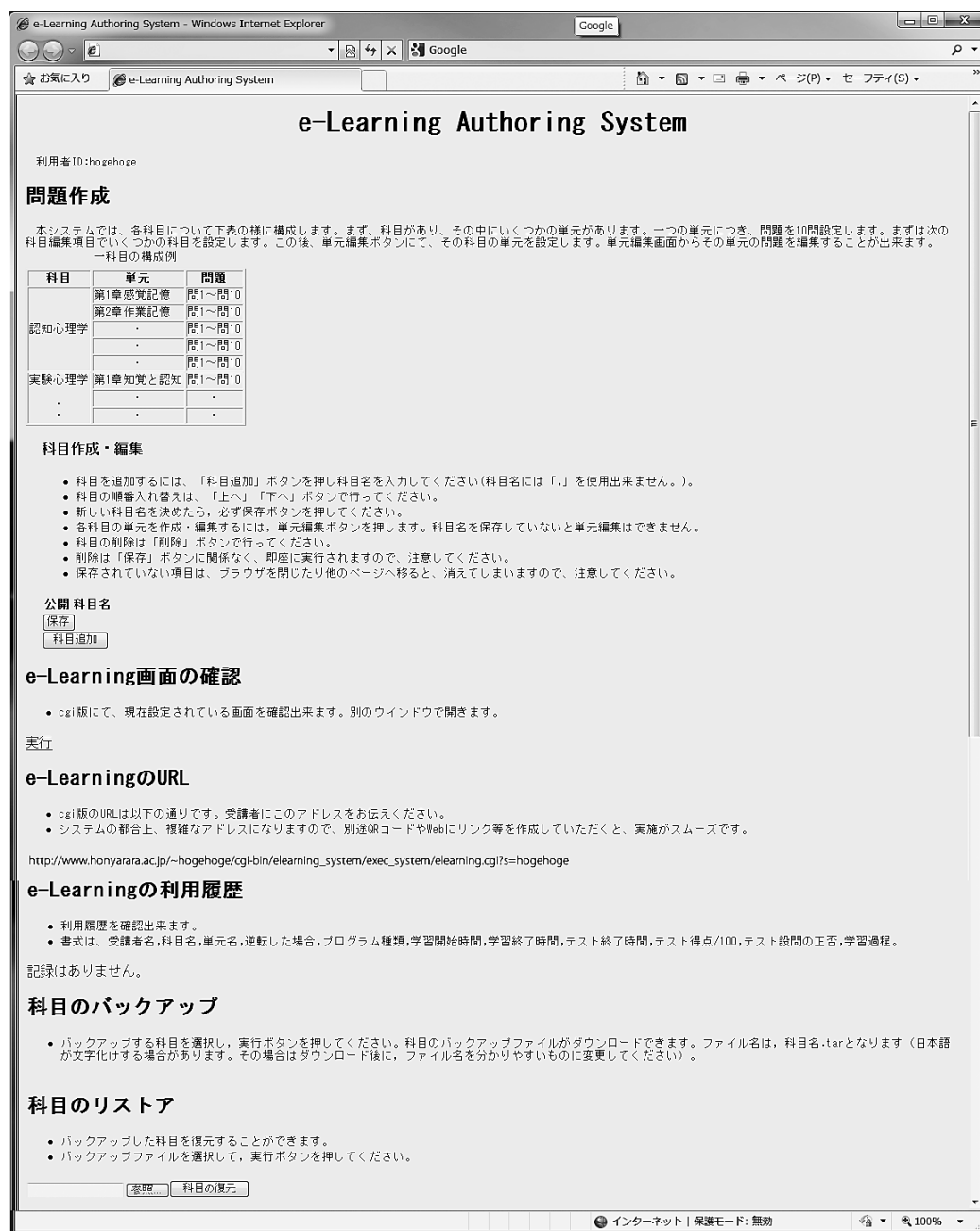


Figure 10. Authoring System 初期画面

Figure 14 に一題每一括入力で、問題を入力した例を示す。一題每一括入力では、Figure 14 の上の「選択式の注意」にあるように、問題文の下に、一番上の選択肢を正解とし、改行して全選択肢を書けばよい。実際の e-Learning 画面では、選択肢の順番はランダムとなるため、1 番が正解になるわけではない。

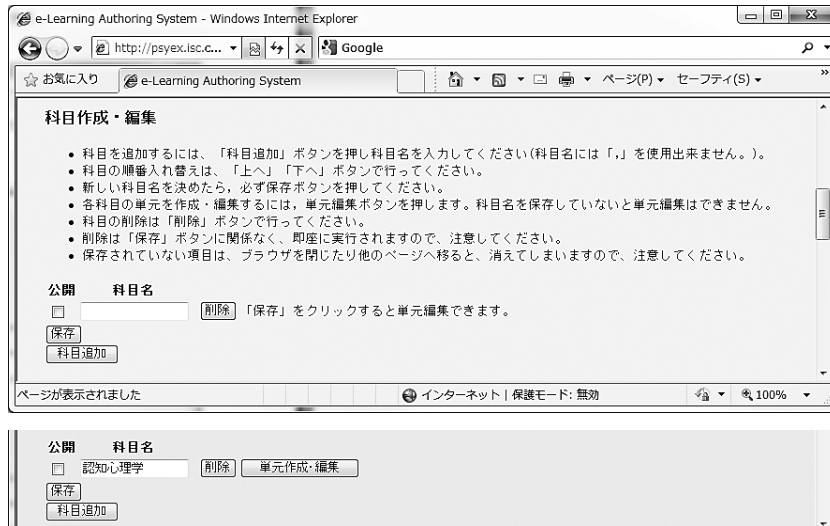


Figure 11. 科目作成



Figure 12. 単元作成

問題の下に画像を表示したい場合は、Figure 14の一番の例のように、記入欄の下「画像」の右にある「参照」ボタンで画像を選択すればよい。その上で、一番下 (Figure 14の下図) の「保存」をクリックすると作成途中のものも保存される。ただし、「単元編集に戻る」「初

個別入力

問題作成・編集 - Windows Internet Explorer

「科目:認知心理学」 「単元:第1章 感覚記憶」の問題作成・編集

入力方式の切り替え

選択式・記述式問題設定

- 2以上の数字を入力して設定ボタンを押すと、入力数分の選択項目がある選択問題となります。
- 1を入力して設定ボタンを押すと、記述式の問題となります。
- 既に設定済みの問題について、記述式から選択式に切り替えると、解答は削除されます。選択式から記述式に切り替えた場合、全ての解答が1になります。

5

問題項目数の設定

10 問

問題・解答入力

- 問題とその解答、又は選択肢を入力してください。
- 問題文、選択肢、回答には、“tab”と“改行”は使用出来ません。
- 編集が終了したら「保存」ボタンを押してください。押さないでページを移動すると保存していない編集結果が失われます。

選択式の注意

- 解答の最初の入力欄(青色)が正解となり、それ以外(赤色)は、不正解となります。
- 選択肢の表示順は、ランダムで入れ替わります。

記述式の場合の注意

- 受講者は、解答に入力した文字列と全く同じ文字列を入力しないと正解出来ません。

画像貼付けの注意

- 1問につき、1枚の画像を貼付けることができます。
- それぞれのボタンからアップロードするファイルを選択してください。なお、保存ボタンを押すまで画像はアップロードされません。
- 画像選択にアップロードされた画像は、画像確認リンクから確認出来ます。
- 画像設定済みのところへ新しい画像をアップロードすると、前の画像は上書きされます。
- 画像を削除したい場合は、画像を削除チェックボックスにチェックを入れてください。

1 問題

画像

2 問題

画像

3 問題

画像

解答

解答

解答

ページが表示されました

インターネット | 保護モード: 無効

100%

一題每一括入力

1 問題

画像

2 問題

画像

3 問題

画像

解答

解答

解答

一括入力

問題

画像

解答

Figure 13. 入力方式・選択式/記述式・問題数設定

選択式の注意

- 問題：回答の入力方式には2種類あります。「tab」による区切りと、「改行」による区切りです。以下に例を示します。
- 入力方法1
問題文「tab」選択肢1(正解)「tab」選択肢2(間違いない)「tab」選択肢3(間違いない)「tab」。
- 入力方法2
問題文
選択肢1(正解)
選択肢2(間違いない)
選択肢3(間違いない)
...
- システムは、最初の行がtabで選択肢数分に区切られているか調べます。そうでない場合、改行による区切りであると判断します。
- 解答は、最初の入力为正解となり、それ以外が、不正解となります。
- 選択肢の表示順は、ランダムで入れ替わります。

記述式の場合の注意

- 受講者は、解答に入力した文字列と全く同じ文字列を入力しないと正解出来ません。

画像貼付けの注意

- 1問につき、1枚の画像を貼付けることができます。
- それぞれのボタンからアップロードするファイルを選択してください。なお、保存ボタンを押すまで画像はアップロードされません。
- 画像選択にアップロードされた画像は、画像確認リンクから確認出来ます。
- 画像設定済みのところへ新しい画像をアップロードすると、前の画像は上書きされます。
- 画像を削除したい場合は、画像を削除チェックボックスにチェックを入れてください。

1 以下の錯視図と難読名の組合せとして正しいものはどれか。
a. シェパード錯視, b. オオウチ錯視, c. ホワイテ効果, d. ツェルナー錯視
A : d, B : b, C : c, D : a
A : a, B : d, C : c, D : b
A : a, B : b, C : d, D : c
A : c, B : b, C : d, D : a
A : a, B : b, C : c, D : d

画像 C:\data\img\0.gif

2 「視覚的錯視」を英語では何というか。
visual illusion
perceptual illusion
perceptual fallacy
visual bias
perceptual bias

画像

3 以下の文中の空欄A、Bに当てはまる語句の組合せとして正しいものはどれか。
「エイムズの部屋 (Aasm room) という物理的には役がんでいる部屋がある。この部屋に入った人物は、その立つ位置によって、観察者から見ると大きさが異なっている。これは、部屋の (A) が成立しているためであり、また、見かけの刺激配置によって、(B) が機能しなくなったためだと考えられる。
A : 形の恒常性, B : 大きさの恒常性
A : 位置の恒常性, B : 形の恒常性
A : 位置の恒常性, B : 大きさの恒常性
A : 大きさの恒常性, B : 形の恒常性

画像

4 以下の文章に示した現象を説明する語句として正しいものはどれか。
「月の周りの雲が一定方向に流れるように動くとき、月が反対方向に動いて見える現象」
誘導運動
自動運動
運動残効
残像
ベクシオン

画像

保存

Figure 14. 一題每一括入力例

e-Learningの利用履歴

- 利用履歴を確認出来ます。
- 書式は、受講者名,科目名,単元名,逆転した場合,プログラム種類,学習開始時間,学習終了時間,テスト終了時間,テスト得点/100,テスト設問の正否,学習過程。

利用履歴ダウンロード

Figure 15. 利用履歴がある時の「e-Learningの利用履歴」の表示

期画面（科目編集）に戻る」ボタンをクリックしても、現状の保存は行われる。

すべての入力終了し、学生に利用させる場合は、Figure 11の科目名の前の「公開」チェックボックスと、Figure 12の単元名の前の「公開」チェックボックスにチェックを入れ、公開すること。

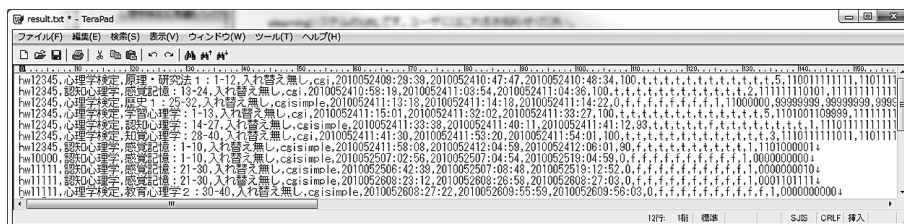


Figure 16. 利用履歴: "result.txt" の例

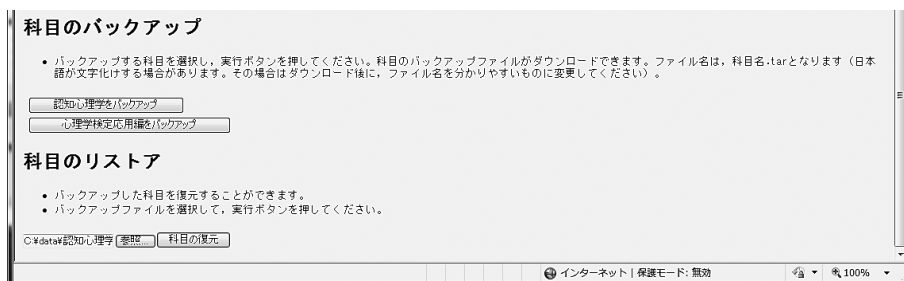


Figure 17. 「科目のバックアップ」と「科目のリストア」の表示

2. e-Learning画面の確認 Figure 10の「e-Learning画面の確認」の項にある「実行」をクリックすると、Authoring Systemを利用しているPCのブラウザで、e-Learning画面がどうかを確認することができる。

3. e-LearningのURL Figure 10の「e-LearningのURL」に記載されているURLが、学習者にアクセスさせるe-LearningのURLである。これをメールに記載して学生に送付するか、自分のWebページにここへのホットリンク用意して、学生にアクセスさせればよい。

4. e-Learningの利用履歴 学習者の利用があると利用履歴が残る、Figure 10の「e-Learningの利用履歴」の項がFigure 15のように変わり、利用履歴のテキストファイルである"result.txt"をダウンロードできるようになる（ブラウザの設定によっては表示されるので、そのページを保存すればよい）ので、学習者の利用状況を確認することができる。

利用履歴には、利用者の、1) 氏名や学籍番号等のフェイスシートの情報、2) 学習した科目名、3) 単元名、4) 逆転の有無、5) 利用した学習方式、6) 学習開始日時、7) 学習終了日時、8) 学習過程（セッション数と、セッション毎の呈示問題番号と正誤）、9) 確認テストの各問の正誤と得点が記録されている（Figure 16）。

5. 科目のバックアップ 作成しシステムに保存した問題がある場合は、Figure 10の「科目のバックアップ」の項に、Figure 17のような科目毎のバックアップ用ボタンが現れる。これをクリックすると、"科目名.tar"というファイルがダウンロードされる。アップロードしたい場合は「科目のリストア」で"科目名.tar"を選択し、「科目の復元」をクリックすればよい。

iOS系



Android系



Figure 18. iOS系, Android系スマートフォンのLow-First e-Learning画面

作成した Low-First e-Learning の各種スマートフォンの画面例を、Figure 18に示す。従来の携帯電話の画面 (Figure 8) とはラジオボタンが異なり、入力しやすくしてある。

総括

本研究により、認知科学的知見に基づく効果的・効率的な Low-First e-Learning System を 1) スマートフォンをはじめとする最新のモバイルツールで利用しやすい仕様に改良するとともに、2) その教育コンテンツを簡単に作成できる Authoring System を実用化に足るレベルまで改良し、3) 学外の Web サーバに簡単に移植できるようシステムを改良することができた。

Low-First 方式は、学習教材の機械的記憶・学習を効果的かつ効率的に行うことができる方式である。機械的記憶・学習は低レベルの学習で支援など必要ないと思われるかもしれないが、実際、英単語、専門用語、難読漢字、歴史の年号、化学記号、Unix やプログラム言語のコマンド等、非常に多くの教材が機械的記憶・学習を求められる教材であり、そうした学習を支援する実践的な認知科学的知見や支援システムは、これまでなかった。こうした機械的記憶・学習は個人で行うものであると同時に、その進度は個人差が大きい。こうした機械的学習は、非常に面倒で効率が上がらず、なかなかやる気が起きない場合も多い。したがって、そうした学習こそ、何らかの方法で支援する必要がある。そしてその自学自習を支援するためには、個々の学習者の進度に応じて最適な問題を選択・呈示することのできる e-Learning が最適である。Low-First e-Learning System は、科学的知見に基づいた、そうした教材の効果的かつ効率的学習を支援するはじめてのシステムであると言っても過言ではない。

最近では、大学のみならず小・中・高等学校も、独自の Web サーバを持っている場合が多い。このシステムがそうしたサーバに移植されて利用されれば、多くの学習者が退屈な機械的学習をゲーム感覚で楽しく行い、気づかぬうちに習得することができるはずである。

今後は、このシステムをさらに実用的・機能的なものに発展させるために、学生や教員に試用してもらい、1) 学習者の目から見た問題点を探り、それを改良してより使いやすいシステムに発展させるとともに、2) 教育者の目から見た問題点を探り、それを修正してより教育実践で利用しやすいシステムに改良していく予定である。また、本格的な実用化のためには市販の e-Learning System のように、学校や大学で利用するデジタル名簿と学生の学習履歴を連携させたり、学習履歴をデータベース化して学習者自身や教員が科目・単元毎の学習過程やテスト成績等を簡単に閲覧できる表示システムを付加したりする必要がある、こうした改良には企業等の技術的な支援が必要である。今後はそうした支援が得られるような努力も並行して行っていく所存である。

謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構，研究成果展開事業，研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP; Adaptable and Seamless Technology Transfer Program through Target-driven R & D），フィージビリティスタディ【FS】ステージ，探索タイプ（Exploratory Research）における成果である。

引用文献

- コムスコア・ジャパン（2012）. 日本におけるスマートフォン利用の最新状況（http://www.comscore.com/jpn/layout/set/popup/Press_Events/Press_Releases/2011/12/Majority_of_Smartphone_Owners_in_Japan_are_Males_under_the_Age_of_35）.
- 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.
- 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（2000）. Low-First分散学習方式の効果のCAIでの実験的検討 日本教育工学雑誌, **24** (2), 111-120.
- 水野りか（2001）. 作業記憶容量の個人差に応じた効果的な分散学習方式の開発 認知科学, **8** (4), 431-443.
- 水野りか（2002a）. 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** (4), 532-542.
- 水野りか（2002b）. 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（2003a）. 学習効果の認知心理学 ナカニシヤ出版
- 水野りか（2003b）. 分散学習用CAIでのマスタリ・フィードバックの効果 日本教育工学雑誌, **27** (2), 135-142.
- 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（編）（2011）. 教育・研究のための携帯電話・パソコンによる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・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.

(2012 年 4 月 16 日 受理)