

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 —

水野 りか、松尾 崇史

1 はじめに

筆者は、分散効果の認知心理学的知見 (e. g., 水野, 1998a; 水野, 1998b) を基に、個人の習得状況に応じた効果的な分散学習方式、Low-First方式を開発し (Mizuno, 2001)、その効果や効果の持続性を様々な学習材料で確認してきた (e. g., 水野, 2002a; 水野, 2002b)。

Low-First方式は、数学や理科のような学習内容が組織的な構造を成す教材ではなく、各項目が独立した教材 (例えば、専門用語、英単語、化学式、プログラミング・コマンド、難読漢字の読み、歴史の年号等) を効果的に学習するのに役立つ方式である。そして、こうした教材の習得は、教師による教授で達成されるものではなく、学生の自学自習によって達成されるものである。また、その学習速度や反復すべき回数は個々人で異なるため、こうした学習は一斉指導には適さず、自学自習に委ねざるを得ない。筆者は、こうした自学自習の媒体として、インターネットを介して学習するe-Learningシステムが最適だと考えた。e-Learningシステムならば自分のペースで自学自習できるのみならず、教師がサーバに保存された各学生の自学自習の過程や結果を把握し、指導や助言に役立てることが出来るからである。

そこで筆者は、このLow-First方式を筆者の専門である学習・認知心理学の専門用語のe-Learningシステムに適用し、その効果と学生評価の高さを実践的に検証した (水野, 2004)。そしてその調査の中で、より多くの教材でこのシステムを利用したいという学生の意見が多数認められたことから、心理学科の各領域の専門の先生方にそのコンテンツの作成を依頼し、様々な心理学領域のLow-First e-Learningシステムの開発と利用を推進してきた (水野・松井・小塩・西口, 2005)。

1.1 分散効果の再活性化説

呈示間隔をあげた分散学習が呈示間隔を開けない集中学習より再生率が高まることを、分散効果という。Low-First方式はこの分散効果が生起するメカニズムを明らかにした再活性化説 (e. g., 水野, 1998a) に基づく。詳細は別紙 (水野, 2003a; Mizuno, 2003)

に譲るとして、ここでは、その概要を簡単に説明する。

記名すべき項目が呈示されると、その記憶活性度は図1に示すように、急激に高まり、その後やや緩やかに減衰していく。図1の上の図のように、1回目の記憶活性度が完全に減衰する前に2回目の学習が行われると、その記憶活性度の上昇分はAのように少なくなってしまう。一方、図1の下の図のように、1回目の記憶活性度がかなり減衰してから2回目の学習が行われると、Bのように、記憶活性度の上昇分は非常に多くなる。この上昇分が多いほど再生率が高まるため、上の図の1回目と2回目のように呈示間隔をあけない集中学習では再生率が低く、下の図の1回目と2回目のように呈示間隔をあける分散学習では、再生率が高まる。これが再活性化説であり、この妥当性については数多くの実験とシミュレーションで検証されてきた。

1.2 Low-First方式の原理1：並べ替えの原理

では、3回目はどのような間隔で学習すべきなのか。記憶活性度の減衰速度は、それまでの再活性化量 (厳密には加重累積再活性化量) が多いほど遅いことが明らかにされている (水野, 1997b)。したがって、図1のAのように、最初の再活性化量が少ない場合には、比較的短い間隔で3回目の学習をした方が効果的であ

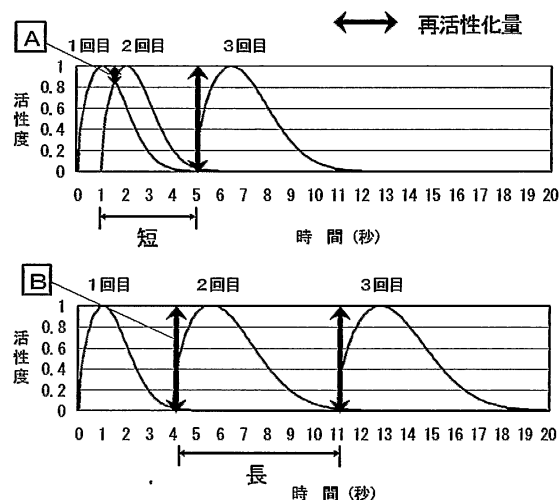


図1 記憶活性度の変化と再活性化量の関係

り、図1のBのように最初の再活性化量が多い場合には、それよりも長い間隔をおいて3回目の学習をした方が効果的である（水野, 1998b）。再活性化量が少ない場合と多い場合というのは、再生率が低かった場合と高かった場合に相当する。したがって、2回目の再生率が低かった場合はそれに応じた短い間隔をおいて、2回目再生率が高かった場合はそれに応じた長い間隔をおいて3回目の学習を行うのが最も効果的だということになる。

これを一般化すると以下ようになる。例えば学習させるべき項目が10個ある場合、従来の方法では、1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10と3セッションとも同じ順序で何度も反復呈示する。しかしこれでは、前の回に再生率の低かった項目も高かった項目も皆同じ間隔で呈示されてしまうため、学習効率が悪い。再生率の低かった項目ほど短い間隔で、高かった項目ほど長い間隔で呈示した方が次の反復学習の効果が高まるなら、次のセッションの項目の呈示順序を前のセッションの再生率、厳密には活性化度の減衰速度に影響する加重累積再活性化量に対応した次式で表される加重累積再生率（ P_n ）の低かった順に並べ替えれば、最も大きな効果が期待できるのである。

$$P_n = \sum_{i=1}^n 2^{-(n-i+1)} * p_i \quad \begin{array}{l} n: \text{現学習回数} \\ p_i: i \text{ 回目の正誤 (0/1)} \end{array}$$

この並べ替えの原理が、Low-First方式の原理1である^{脚注1)}。

1.3 Low-First方式の原理2：削除の原理

加重累積再活性化量と再生率は、図2に示すようなロジスティック相関をなすことが明らかにされている（水野, 1997a）。この関係は、加重累積再活性化量がある程度以上になると、再生率が頭打ちになることを示している。だとすれば、それ以上に学習を反復して

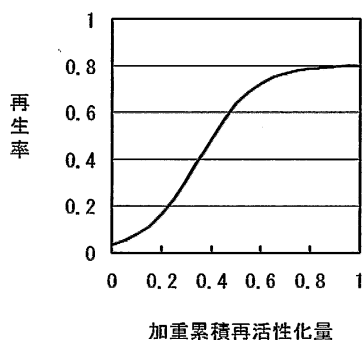


図2 加重累積再活性化量と再生率のロジスティック相関関係

も学習効果は上がらないことになるため、そのような項目は学習完了と見なして学習項目から除外した方がむしろ効率と動機づけの観点からは望ましい。この削除の原理が、Low-First方式の原理2である。

1.4 Low-First方式の原理3：誤答上限の原理

1セッションの中で再生できない項目数が多くなりすぎると、並べ替えの原理1を適用しても再生率が低かった項目の学習間隔が長くなりすぎて再活性化が不可能となり、全く再生率が上昇しないという結果を招く。この現象は特に作業記憶容量の小さい学習者で多く起こることが確認されている（水野, 2001）。

そこで、1セッション内の誤答数に上限を設け、誤答数が上限に達した時点でそのセッションを打ち切るという手続きを繰り返すことで、学習間隔が長くなりすぎないようにする。この誤答上限の原理がLow-First方式の原理3である。

3つすべての原理を適用した場合の10項目の学習過程の例を表1に示す。

表1 Low-First方式の学習過程の例

セッション	呈示順序	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
8	5 9 8			1		1	1					3
合計												41

2 問題点

このLow-First方式を適用したe-Learningシステムに対する学生の評価は極めて高く、学生たちは教員側が驚くほど多くの専門用語やその英語表現を習得している（水野, 2005）。ところが、インターネットの普及とともに上昇すると期待されていた自宅でのe-Learningシステムの利用率はここ2～3年停滞していた。この原因は自宅のインターネット環境にあるようで、実際、筆者の所属する心理学科1年生の2005年度の調査で（水野, 2006）自宅・下宿を含めてインターネットが利用できると回答した割合は、過去3年間65%前後に留まっていた。

脚注1) 無論、理想的なのは各項目を再活性化量が最大となる間隔で反復呈示することである。しかしそれでは呈示位置が重なってしまうため、一部の項目だけに最適間隔を設定することになる。これは教育場面では現実的ではない。10個の項目を満遍なくできるだけ望ましい間隔で反復呈示するためには、呈示順序を並べ替える方法しかあり得ない。

学生によれば、その主たる原因は下宿生の多くが下宿に固定電話を持っていないことにあるという。e-Learningシステムのみならず、インターネットを気軽に利用するためには、費用や速度に問題のあるナローバンドのダイヤルアップ接続は適さない。ブロードバンドで接続するにはADSL、CATV、FTTHといった方法があるが、下宿にCATVやFTTHがひかれていた率は非常に低い。最も望ましいのは費用・速度ともに問題の少ないADSLだが、これを利用したくても肝心の一般電話に加入していないというのである。

自学自習が自宅でできない学生が常に3割強もいたのでは教育効果という点で不十分であるだけでなく、不公平でもある。

3 対策

自宅のインターネット普及率と表裏一体の関係にあったのが、携帯電話の所有率だった。心理学科1年生の携帯電話の所有率は、過去3年間、常に98%前後と極めて高かった。

そこで筆者は、この問題への対策として、携帯電話自体でLow-First e-Learningシステムを利用させようと考えた。こうすれば、携帯電話しか持っていない学生は携帯電話で、携帯電話ではなく一般電話を持っている学生はADSL等によるインターネットでe-Learningシステムを利用することができるからである。

3.1 携帯電話用e-Learning システムの利点

緒方・矢野(2005)は、理想的なユビキタス学習環境の必須要素として、常設性(permanency)、即時性(immediacy)、そして、接続性(accessibility)を挙げている。携帯電話は、学習者が常に携帯しているところから、学習環境が常に学習者とともにあり、使いたい時にいつでも使え、それ自体でいつでもどこでも学習環境にアクセスできるという点で、この3つ

の要素を兼ね備えている。したがって携帯電話は、ユビキタス性に富んだ、理想的なモバイルe-Learningツールだと言える。

3.2 事業者・機種によるアプリの言語仕様の違い

Low-First e-Learningシステムはもともと、多くの学生の一斉利用を前提としているため、サーバの負担が少なくかつ迅速に動作するようにJava Applet化されていた。携帯アプリの多くもJavaで書かれているため、当初、その移行はさほど難しくないと考えていた。

ところが実際は、アプリの言語仕様は事業者によっても、携帯の機種によっても大きく異なり、必ずしもJavaだけで書かれているわけではない。表2には、主な事業者のアプリの言語仕様等が掲載してあるが、事業者によって、機種によって、言語・バージョンは多種多様で、同一事業者の利用する言語のバージョン間にはかろうじて下位互換があるが、事業者間や同じ事業者のものでもEZアプリ(Java)とEZアプリ(BREW)などには互換性がない。

加えて、各アプリの配信方法は事業所・言語仕様によって大きく異なり、例えば、DoCoMoのiアプリやauのEZアプリ(Java)は事業所によって設定方法が異なるものの一般のサーバから配信可能であるが、auのEZアプリ(BREW)は1月前後を要する審査を経てauの専用サイトへのアップロード・配信許可を得る必要があり、Vodafone^{脚注2)}のVアプリはVodafoneの認定したコンテンツ・アグリゲータのサイトからのみ配信可能で、それを利用するためには大学レベルで契約し、かなりの料金を支払わねばならないなど、こちらも多種多様である。

脚注2) 現SoftBank Mobile

表2 事業者・機種によるアプリの言語仕様の違い

事業者名	DoCoMo	au		Vodafone	
アプリ名	iアプリ	EZアプリ(Java)	EZアプリ(BREW)	Vアプリ	Vアプリ
言語	Java	Java	C/C++	Java	Java
API	Doja (DoCoMo api)	MIDP1.0+KDDI api		MIDP1.0+J-PHONE api	MIDP2.0+J-PHONE api
バージョンと 主な対応機種	DoJa 1.0	Phase1	BREW 2.0	256K対応	1M対応
	Mova 503i, Foma 2101/2001	C450シリーズ	A1300シリーズ	V604SH, V501SH等	804SH, 703SH, 903SH等
	DoJa 2.0	Phase2	A5300シリーズの一部	100K対応	
	Mova 504i, Foma 2102/2051	C3000シリーズ	A5400シリーズの一部	V601N, J-N51等	
	DoJa 3.0	C5000シリーズ	INFOBAR	50K対応	
	Mova 505i	A3000シリーズ	BREW2.1	V302SH, V402SH等	
	DoJa3.5	Phase2.5	A1400シリーズ		
	Foma 900i	A3000シリーズ	A5500シリーズ		
	DoJa 4.0	A5300シリーズの一部	Sweets		
	Foma 901i (LE: Foma 700i)	A5400シリーズの一部	talby		
	DoJa4.1	Phase3	W2xシリーズとそれ以降		
	Foma 902i	A5400シリーズ一部			
		W11シリーズ			

3.3 シェアの調査と開発計画

すべての機種に対応することは、短期間では到底不可能である。そこで筆者はまず、学生の携帯電話のシェアを知ろうと考え、心理学科の学生を対象に所有している携帯電話の機種の調査を行った。調査に参加してくれた学生は、112名で、そのうち携帯電話を所有していない学生は2名で、携帯電話を所有している学生110名のうち、45名がDoCoMo、41名がau、そして、22名がVodafoneであった。電気通信事業者協会の平成17年12月末現在の事業者別契約数は、DoCoMoが約5037万件、auが約2157万件、Vodafoneが約1512万件であるから、この調査結果は一般の結果とほぼ等しかったことになる。

auのシェアはかなり大きいものの、新しい機種ほどEZアプリ（BREW）対応となる。学生はすぐに最新の機種を入手するため、EZアプリ（Java）への対応は見送った。また、EZアプリ（BREW）は、Vアプリと同様、コンテンツの審査を受けた後、事業所の認定の専用アプリケーション・サーバ（ADS）から配信してもらわねばならないが、コンテンツは基本的に一般向けのものであることが求められており、利用者に限りのある教育利用は認められていないため、実質的に運用不能であることがわかった^{脚注3)}。

そこで本研究では、iアプリ（水野，2006，水野・松尾，2006）とVアプリのLow-First e-Learning シ

ステムを開発し、それを実践の場で利用させながら、効果と学生評価の高さを調査しようと考えた。尚、iアプリは学科のWebサーバから、Vアプリの配信は事業所認定のコンテンツ・アグリゲータのサイトから配信するものとした。

3.4 携帯電話用Low-First e-Learningシステムの概要

iアプリのe-LearningシステムもVアプリのe-Learningシステムもほぼ同じ仕様なので、ここではiアプリのe-Learningシステムを例にとり解説する。

まず、共通の呈示制御部をサーバから読み込む。それを起動して学籍番号を入力すると図3のような問題の選択画面が現れるので、科目、領域、英→日か日→英かを選択する。すると図4の学習段階が始まるが、英→日を選択した場合、問題領域に英語表現が呈示されるので、下の空欄にその日本語訳を入力し、下の確認ボタンを押す。すると、正しい場合は「○。正解です。」、誤りの場合は「×。正解は～。」というフィードバックが呈示される。Low-First方式の原理2で削除されるたびに、ゲージが右に伸び、クリアされた問題数が表示される。全10問をクリアすると、図5に示

脚注3) BREWアプリをサーバから配信する方法は実質的に不可能なため、現在、CGIを用いて対応するシステムを試作中である。



図3 初期画面：学籍番号入力→科目選択→領域選択→英→日/日→英選択

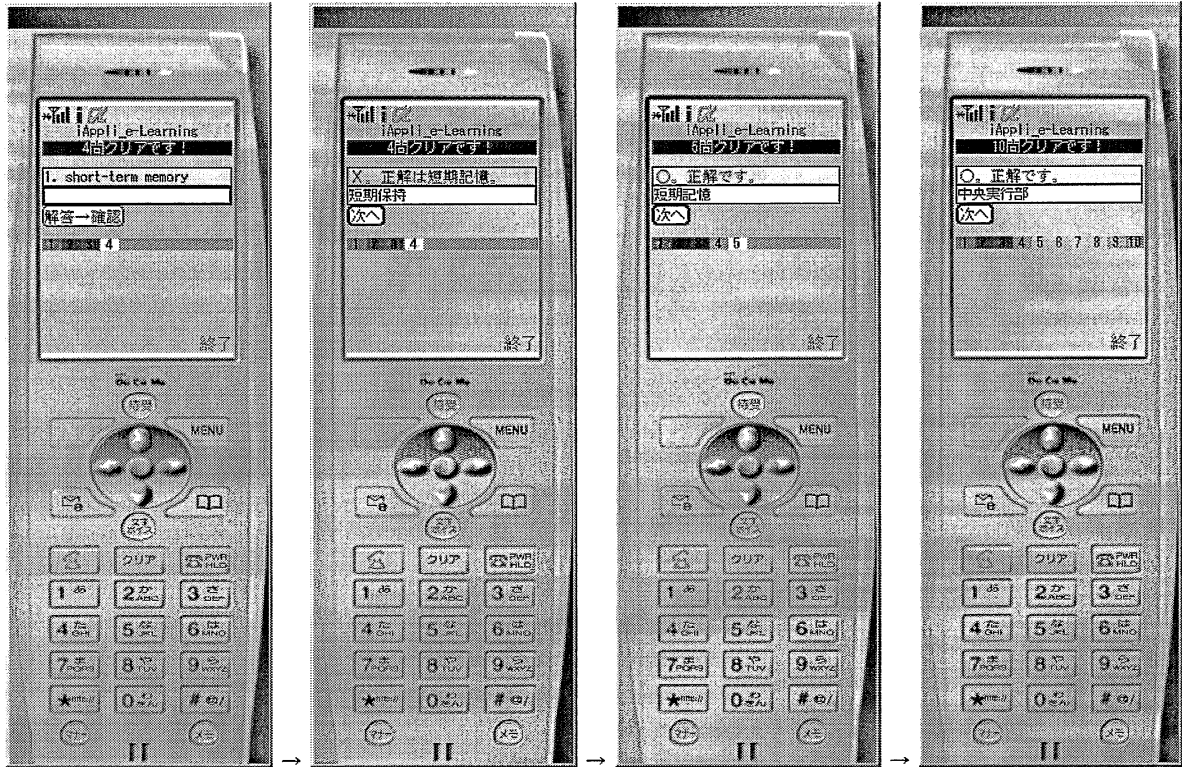


図4 学習段階：問題呈示画面→誤答フィードバック例→正答フィードバック例（5問クリア）→正答フィードバック例（10問クリア）

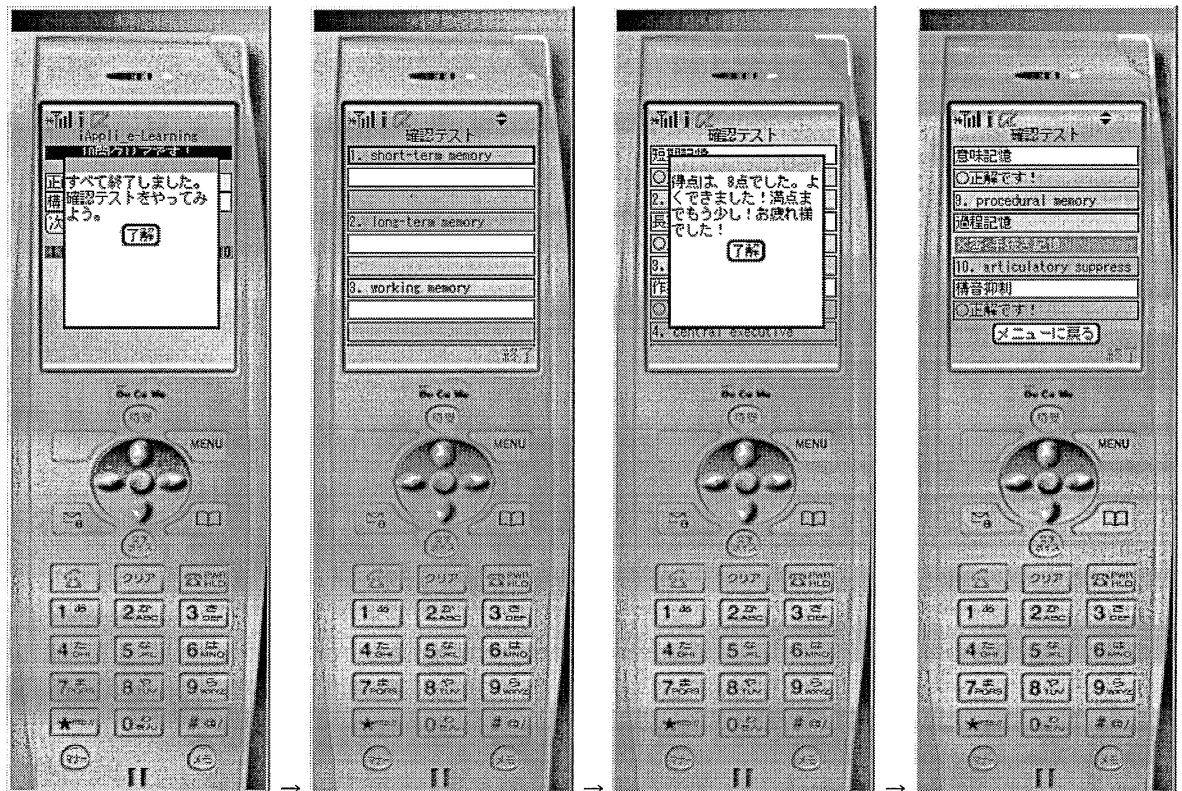


図5 テスト段階：確認テスト導入画面→確認テスト初期画面→得点表示画面→正誤・正答確認最終画面

すようなテスト段階に進み、確認テストに全問に解答した後確認ボタンを押すと得点が呈示され、了解を押すと自分の解答と正答を見直すことができる。最下段の「メニューに戻る」を押せば、再び図3の問題選択画面が現れる。

サーバには、学籍番号、選択された問題の種類、学習開始時間、学習終了時間（確認テスト開始時間に同じ）、確認テスト終了時間、学習段階での各問の正誤を含めた学習過程、確認テストの各問題の正誤が送信され記録される。

4 実験・調査1

Low-First方式が一般的な単純反復方式より効果的かつ効率的であることは、パソコンで利用するe-Learningシステムでの実践研究で検証済みである。しかるに、携帯電話はパソコンに比べて、入力に手間取ったり文字も見にくいことから、セッション毎に呈示順序が変わるLow-First方式が単純反復方式よりもむしろ学習しにくく、効果が低くなってしまったり所要時間が延びてしまったりする可能性があった。

そこで実験1では、携帯電話用の単純反復方式とLow-First方式のe-Learningシステムの効果と効率、及び、学生の評価を比較することを目的とした。

4.1 方法

被験者 iアプリかVアプリを利用可能な携帯電話を持つ心理学科大学生32名を、8名ずつの4グループにランダムに配置した。

材料 実験材料には、認知心理学基礎の感覚記憶領域の専門用語10種（以下、材料A）と、短期記憶・長期記憶領域の専門用語10種（以下、材料B）の日本語と英語の対、計20対を用いた。両材料の英語表現はみな2 wordsであった。

すべての被験者に両方式で学習させるため、方式の利用順序の影響、及び、2種類となる材料の影響が出ないようにするために、以下のように方式の利用順序・

材料をカウンターバランスした。

被験者の4グループのうちグループ1とグループ2には1回目は単純反復方式、2回目はLow-First方式のe-Learningシステムで学習させ、グループ3とグループ4にはその逆順で学習させた。加えて、グループ1とグループ3には1回目は材料A、2回目は材料B、グループ2とグループ4にはその逆順で学習させた。

調査項目は（表3参照）、Low-First方式のe-Learningシステムを、3原理の是非に加え、学習の進行状況を示すマスタリ・フィードバック（水野, 2003b）の是非、入力しやすさ、画面の見やすさ、e-Learningシステムのユビキタス性、紙に書いて学習する場合との比較等の観点から評価する40項目（半数が肯定的、半数が否定的）で、「1. 全くそう思わない」から「5. 非常にそう思う」までの5件法で回答させた。最後に感想や気づいた点を書く自由記述欄を設けた。

手続き 集団で、実験・調査の順で実施した。実験では、上記の順のグループ別の学習メニューにアクセスさせ、QRコードが利用可能な学生はQRコードで、そうでない学生はURLを手入力させてe-Learningシステムにアクセスさせ、試行を開始させた。

実験の学習段階では（図4参照）、1項目ずつ呈示されていく専門用語の英語を見て日本語を入力させた。Low-First方式では全項目が削除の原理で削除されたら学習終了とし、単純反復方式では10項目を同じ順序で4回反復学習したら学習終了とした。単純反復方式で4回反復させたのは、先行研究（水野, 2000）でのLow-First方式での総アクセス項目数が約40回だったため、4回の反復で総アクセス項目数がほぼ等しくなると考えたからである。学習が終了すると確認テストが呈示され（図5参照）、これに回答・送信すると学習過程のデータとテスト得点がサーバに送信され、試行が終了した。

2回の試行の終了後、全被験者がパソコンで調査画面にアクセスして各質問項目に回答し、回答はサーバに送信・保存された。

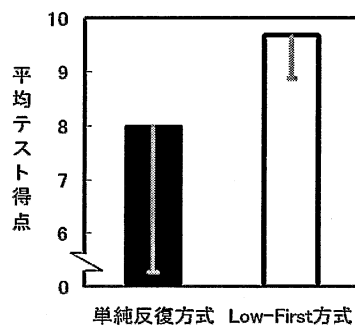


図6 両方式の確認テスト得点

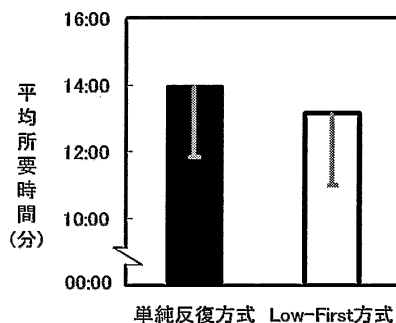


図7 両方式の学習所要時間

表3 Low-First方式の携帯用e-Learningシステムの評価調査結果 (平均値降順)

No.	質問項目	平均	SD
6	いつでも利用できる点が良いと思う。	4.38	0.78
19	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。	4.23	0.93
18	どれだけできたかがわかるようになっている点が良い。	4.18	0.64
34	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。	4.10	0.91
25	できない問題だけやればよくなるので覚えやすい。	4.08	0.58
27	正解を忘れないうちに繰り返せる点が良い。	4.05	0.76
31	できなかった問題がまたすぐ呈示される点が良い。	4.05	0.65
23	他の専門用語の携帯電話用e-Learning Systemも作ってほしい。	3.97	1.06
39	できない問題からやりなおせるので覚えやすい。	3.92	0.77
9	空いた時間に利用したい。	3.85	1.09
36	できない問題ができるようになっていくのでやる気がでる。	3.85	0.87
2	できる毎にブロックが増えていくとやる気がでる。	3.82	1.00
7	入力さはほど苦にならない。	3.74	1.31
29	できた問題を繰り返さなくていい点が良い。	3.74	0.68
4	いろんな場所で使ってみたい。	3.72	0.97
11	プリントだとやらないがこれならやる気がでる。	3.64	1.06
16	どんどん問題が減っていくのでやる気がでる。	3.64	0.87
22	少しずつ問題が増えていくので負担が少ない。	3.64	0.93
1	紙に書いて覚えるより覚えやすい。	3.51	1.14
5	一覧表にして覚えたい。	3.28	1.15
24	一覧表で覚えたい。	3.23	0.90
38	手で書かなければ覚えられない。	3.10	1.17
32	どの位できているのがよくわからない。	3.05	1.10
3	問題の全体が見渡せないのがいやだ。	3.00	1.10
30	文字が見にくくて困る。	3.00	1.40
35	画面が狭いのが困る。	2.95	1.32
14	文字はそれほど見にくい。	2.92	1.55
10	単語帳の方が覚えやすいと思う。	2.74	1.14
8	次々と新しい問題が現れるのでいやになる。	2.64	1.11
17	解答を入力しにくい点で困る。	2.62	1.29
20	終わりがわからないのでやる気がでない。	2.54	1.10
15	どんどん問題が増えていく感じがしていやだ。	2.49	0.94
21	解答に時間がかかるのがいやだ。	2.49	1.07
28	入力するのがめんどうだ。	2.46	1.14
33	いつまでもやられている気がしてやる気が出ない。	2.44	1.21
12	できない問題はいつまでたってもできない気がする。	2.21	1.08
40	問題の順番がわからないのでやりにくい。	2.18	1.00
37	同じ順序で繰り返した方がよい。	2.13	1.00
13	e-Learning Systemを使って学習する必要はない。	2.03	0.99
26	勝手に順番が入れ替わるのがいやだ。	2.03	0.99

注) 網掛けは否定的質問項目

4.2 結果と考察

実験結果 両方式の学習後の確認テストの平均点を図6に示す。両方式の効果を比較するために、対応のあるt検定をしたところ、Low-First方式の平均点の方が単純反復方式の平均点よりも有意に高かった ($t(31)=3.64, p<.01$)。

よって携帯電話用e-LearningシステムでもLow-First方式の方が効果的であることが明らかとなった。

両方式での学習の平均所要時間を図7に示す。両方の学習所要時間を比較するために対応のあるt検定を行ったところ、Low-First方式の平均所要時間の方が有意に短かった ($t(31)=1.83, p<.05$)。実際、総アクセス項目数は(表1参照)、単純反復方式の方は10項目を4回反復するので40項目で一定だったが、Low-First方式は平均37.3項目(6.7)とやや少なかった。

この結果とLow-First方式の方が得点が高かったことを併せれば、Low-First方式の方がはるかに学習効率が低いと結論することができる。

調査結果 Low-First方式の携帯用e-Learningに対する質問項目と評定平均値(SD)を、平均値の高い順に並べ替えたものが表3である。

これを見ると、肯定的な項目は、「14. 文字はそれほど見にくい。」を除いてことごとく評定平均値が上位に、否定的な項目はすべて平均評定値が下位にあることがわかる。携帯電話で文字が見にくいことは当初から予想されており、むしろ、「17. 解答が入力しにくい点で困る。」という携帯電話の入力しにくさの評定値が平均以下で、学生が携帯電話での入力をさほど難しくないと感じたことの方が予想外であり、携帯電話をe-Learningで活用する上でほとんど障害とはならないことが明らかとなった。

平均値が上位5位の項目を中心に項目を吟味してみると、「6. いつでも利用できる点が良いと思う。」という携帯電話用e-Learningシステムのユビキタス性を評価する項目の評定値が1位で、ユビキタス性に関連した他の「9. 空いた時間に利用したい。」「4.

いろんな場所で使ってみたい。」などの項目の評定値も比較的高かった。

また、「19. 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。」というLow-First方式の並べ替えの原理1を評価する項目の評定値が2位で、原理1に関連した他の「34. 10問全部を同じ順序で単純に繰り返すよりははるかによい。」「27. 正解を忘れないうちに繰り返せる点がよい。」「31. できなかった問題がまたすぐ呈示される点がよい。」「39. できない問題からやり直せるので覚えやすい。」「36. できない問題ができるようになっていくのでやる気が出る。」などの項目の評定値も非常に高かった。

3位は、「18. どれだけできたかがわかるようになっている点がよい。」という、習得状況を示すゲージを評価する項目であった。このゲージは、以前実施したe-Learningシステムの評価調査の自由記述の「どれだけできたかわからない」という学生の意見を基に作成したデバイスで、マスタリ・フィードバックと命名され、効果が確認されているものである(水野、2003b)。

4位は既に原理1に関連した項目だが、5位は「25. できない問題だけやればよくなるので覚えやすい。」という削除の原理2を評価する項目で、「29. できた問題を繰り返さなくていい点がよい。」や「16. どんどん問題が減っていくのでやる気がでる。」などもある程度の評価を得てはいるが、25の評価の方がはるかに高かったことを考えると、学生は、減っていくこと自体よりもむしろ、できない問題だけを繰り返すことの重要性を強く認識したようだ。

原理3については、これだけを独立して評価する項目はないが、先述の原理1の評価項目として考察した3位の「27. 正解を忘れないうちに繰り返せる点がよい。」や、「31. できなかった問題がまたすぐ呈示される点がよい。」「36. できない問題ができるようになっていくのでやる気がでる。」というのは、原理3がなくては成立しない利点であるため、同時に評価されていると見なすことができるだろう。

このように、Low-First方式の携帯電話用e-Learningシステムは、学習効果、学習効率、学生の評価という点で非常に優れていることが明らかとなった。

そこで次の実験・調査2では、この携帯電話用のLow-First e-Learningシステムの効果や学生評価が、既に高い効果、評価が確認されているパソコン用のシステムと比べてどうかを確認するものとする。

5 実験・調査2

先述したように、携帯電話は文字が見にくく、入力がしにくいという欠点がある。調査1では、学生が文

字の見にくさは感じたが入力しにくさはほとんど感じなかったことが示唆されたものの、パソコンのキーボードでの入力と比べた場合はどうかは明らかでない。

ここでは、こうした携帯電話の欠点が、同じLow-First e-Learningシステムをパソコンで利用する場合に比べて、学習効果・効率や学生評価にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする。

5.1 方法

被験者 iアプリかVアプリを利用可能な携帯電話を持つ心理学科大学生24名を、6名ずつの4グループにランダムに配置した。

材料 実験材料には、認知心理学基礎の感覚記憶領域の専門用語10種(以下、材料A)と、短期記憶領域の専門用語10種(以下、材料B)の日本語と英語の対、計20対を用いた。両材料の英語表現はみな2 wordsであった。

全被験者にパソコンと携帯の両方のLow-First e-Learningシステムで学習させるため、媒体の利用順序の影響、及び、材料の種類の影響が出ないように以下のようにカウンターバランスした。4つの被験者グループのうちグループ1とグループ2には1回目はパソコン、2回目は携帯で学習させ、グループ3とグループ4にはその逆順で学習させた。加えて、グループ1とグループ3には1回目は材料A、2回目は材料B、グループ2とグループ4にはその逆順で学習させた。

調査項目は(表4参照)、パソコンと携帯電話用のe-Learningシステムの各々、あるいは、比較した場合の効果、学習しやすさ、気軽さ、使いやすさ(見やすさや入力しやすさ)、やる気、今後の希望の観点から、「1. 全くそう思わない」から「5. 非常にそう思う」までの5件法で回答する20項目の質問項目を作成し、最後に自由記述欄を設けた。

手続き 集団で、実験、調査の順で実施した。実験では、上記の順のグループ別の学習メニューにアクセスさせ、パソコンはホット・テキストをクリックして、携帯電話はQRコードが利用可能な学生はQRコードで、そうでない学生はURLを手入力させてe-Learningシステムにアクセスさせ、試行を開始させた。

実験の学習とテストの手続きは、実験1と同様で、全被験者がパソコンと携帯の両方で学習とテストを行った後、調査画面にアクセスさせ、回答・送信させた。

5.2 結果と考察

実験結果 両媒体の確認テストの平均点を図8に示す。どちらが効果的だったかを調べるため対応のあるt検定を行ったが、有意差はなかった($t(23)=0.55, ns$)。

したがって、携帯電話用Low-First e-Learningシ

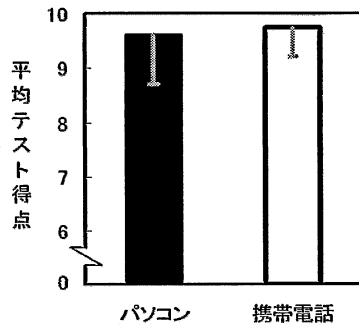


図8 両媒体の確認テスト得点

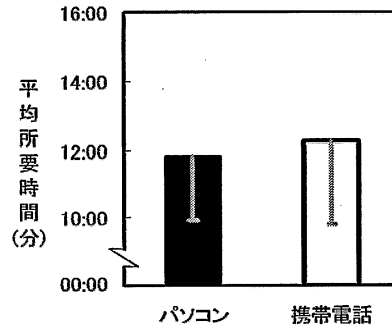


図9 両媒体の学習所要時間

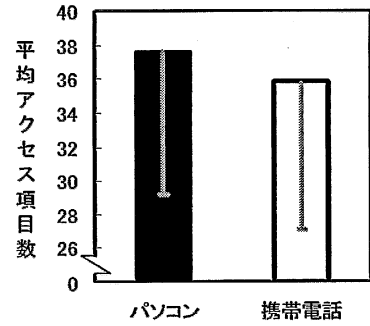


図10 両媒体のアクセス項目数

表4 パソコンと携帯電話のLow-First e-Learningシステムの評価調査結果(平均値降順)

No.	質問項目	平均	SD
携帯電話			
8	携帯電話で学習できる科目や内容を増やしてほしい。	3.80	1.12
3	紙に書いて学習するより携帯電話の方がやる気になる。	3.48	0.92
14	紙で書いて学習した方が携帯電話で学習するより覚えやすい。	2.84	0.85
2	携帯電話で学習するより紙に書いて学習した方が学習しやすい。	2.60	0.87
パソコン			
17	パソコンで学習できる科目や内容を増やしてほしい。	4.00	0.96
20	紙に書いて学習するよりパソコンの方がやる気になる。	3.60	0.91
7	パソコンで学習するより紙に書いて学習した方が学習しやすい。	2.60	0.91
パソコンと携帯電話の比較			
19	パソコンより携帯電話の方がどこでも学習できるのでよい。	3.96	1.21
10	パソコンより携帯電話の方がいつでも学習できるのでよい。	3.84	1.07
4	パソコン用と携帯電話用の両方のe-LearningSystemを作してほしい。	3.80	1.19
12	携帯電話はパソコンよりとても見にくい。	3.76	1.05
13	携帯電話では料金がかかるのでパソコンで学習したい。	3.68	1.44
5	携帯電話はパソコンに比べて非常に入力にくい。	3.60	1.32
6	両方あればパソコンより携帯電話で学習する機会の方が多くなると思う。	3.24	1.48
11	最初はパソコンで、復習は携帯電話で、などというように使い分けたい。	3.16	1.07
15	パソコンより携帯電話の方が身がまなくても学習できるのでよい。	3.04	1.21
9	パソコンより携帯電話の方が学習しやすい。	2.92	1.35
1	パソコンより携帯電話の方が効果的だと思う。	2.84	1.03
16	パソコンより携帯電話の方がやる気になる。	2.84	1.11
18	パソコンより携帯電話の方が覚えやすい。	2.56	1.08

注) 網掛けは否定的項目

システムは、パソコン用と等しい効果を持つと結論することができる。

両媒体での学習の平均所要時間を図9に示す。どちらの所要時間が少なかったかを見るために対応のあるt検定を行ったが、ここでも有意差は認められなかった($t(23)=0.86, ns$)。また、両媒体での総アクセス項目数は図10に示す通りで、これにも有意差は認められなかった($t(23)=0.81, ns$)。

この結果は、携帯電話での学習効率はパソコンに比べて劣るわけではないことを示しており、学生が携帯電話の入力がしにくいと感じているわけではないことを示す調査1の結果を裏づける結果となった。

調査結果 パソコンと携帯電話のLow-First e-Learningシステムの評価質問項目と評定平均値を、携帯電話だけの評価、パソコンだけの評価、パソコンと携帯電話の比較に関するものごとに、平均値の高い順に並べ替えたものが表4である。

まず、携帯電話だけに関するものでは、肯定的な項目の評定値が高く、否定的な項目の評定値が低かった。最も高かったのが、「8. 携帯電話で学習できる科目や内容を増やしてほしい。」で、これは今後、携帯電話用e-Learningシステムを拡張していく上で重要な指針となる。

パソコンだけに関するものでも、肯定的な項目の評定値は高く、否定的な項目の評定値は低く、携帯電話の評価とほぼ同じであった。

両者を比較する項目に関しては、携帯電話の見にくさ、料金、入力しにくさに関する否定的項目の評定値がやはり高く、学生が、パソコンと比べた場合は携帯電話がこれらの点で劣ると感じたことが明らかとなった。しかしながら、それより高い、1位の評価を得た項目は、「19. パソコンより携帯電話の方がどこでも学習できるのでよい。」、2位が「10. パソコンより携帯電話の方がいつでも学習できるのでよい。」とい

う、携帯電話のユビキタス性に関する項目であった。したがって、学生は冒頭で述べたような携帯電話のユビキタス性を高く評価していることが明らかとなり、こうした利点が欠点を補って余りあるものだと感じていることがわかった。実際、「4. パソコン用と携帯電話用の両方のe-Learning システムを作ってほしい。」という項目の評定値は3位で、学生は、携帯電話のe-Learning システムとパソコンのe-Learning システムを同じ程度に利用したいと考えていることになる。

以上の結果は、携帯電話に種々の欠点があっても、その優れたユビキタス性のために、学生はその利用や拡大を強く望んでいることを端的に示している。

6 まとめと今後の課題

実験・調査1、実験・調査2を通じて、従来パソコンで利用してきたLow-First方式のe-Learningシステムを携帯電話のアプリケーションにした場合でも、1. 単純反復方式のe-Learningシステムよりも効果的で学生の評価は高く、2. パソコンの場合と比べても効果・効率、学習しやすさ等に差がないだけでなく、学生がそのユビキタス性を高く評価し拡張を望んでいることが明らかとなった。

よって今後は、この携帯電話用のLow-First e-Learningシステムを、他の機種種の携帯電話にも対応すべく拡張するとともに、様々な教材に適用して、教育実践で活用していきたいと考えている。

謝辞

Vアプリの法人向けコンテンツ・アグリゲータとの法人契約に際しては、情報通信システム室の小太刀室長、村山文考氏をはじめ、学校法人中部大学に多大なるご協力をいただきました。また、ホスティング・ディレクトリの利用料金については、井上輝夫人文学部部長のご配慮により、学部長裁量経費から支出いただきました。心より御礼申し上げます。

尚、本研究は、平成18年度特別研究費A、特別研究費C（研究代表者：水野りか）の補助を受けました。記して感謝の意を表します。

引用文献

- 水野りか (1997a). 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 (1997b). 分散効果の再活性化モデルの改良と検証—これまでの実験結果とシミュレーションとの照合— 教育心理学フォーラム・レポート, FR-97-003.
- 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(1), 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(2), 173-183.

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.

Mizuno, R (2001). A test of the effectiveness and efficiency of the Low-First Method derived from a reactivation theory of spacing effects. Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Science and the 16th Annual Meeting of the Japanese Cognitive Science Society, 1076-1079.

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(2), 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(4), 532-542.

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. (2003). The Application of Cognitive Scientific Findings Related to Spacing Effects to Web-Based CAI Systems. Proceedings of the Joint Workshop of Cognition and Learning through Media-Communication for Advanced e-Learning, 128-133.

水野りか (2004). 心理学的知見に基づいたe-Learningシステムの構築とその効果・評価の教育実践での検討 日本教育心理学会第46回総会発表論文集, 711.

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・松井孝雄・小塩真司・西口利文 (2005). 無線LAN環境とe-Learning Systemに対する学生の評価—春学期と秋学期の比較— 中部大学人文部研究論集, 14, 1-26.

水野りか (2006). 携帯電話用Low-First e-Learning Systemの開発と評価 日本教育心理学会第48回総会発表論文集, 60.

水野りか・松尾崇史 (2006). 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.

緒方宏明、矢野米雄 (2005). ユビキタス・モバイル学習環境の研究動向 教育システム情報学会誌, 22(3), 152-160.

〔 教 授 人文学部 心理学科 水野りか 〕
〔 教育技術員 人文学部 心理学科 松尾崇史 〕