

## 複数の制御構造の適用と学習のための 統合型ドリルシェル「ドリル工房」の開発<sup>†</sup>

市川尚<sup>\*1,\*3</sup>・高橋暁子<sup>\*2,\*3</sup>・鈴木克明<sup>\*3</sup>  
岩手県立大学<sup>\*1</sup>・株式会社シエン<sup>\*2</sup>・熊本大学<sup>\*3</sup>

本研究では、e ラーニングにおけるドリル型教材の作成支援を目的として、統合型ドリルシェル「ドリル工房」を開発した。これまでにインストラクショナルデザインの分野で提案されてきた複数のドリル制御構造を本システム上に統合し、簡単にドリルを開発できるようにした。また、ドリル制御構造を作成者が学習できるように教材を用意し、可視化モードとしてドリル実行中にアイテムの状態遷移がわかるようにした。さらにドリル制御構造を制御要素の組み合わせとして整理することで、各ドリル制御構造の違いを明確にしてわかりやすくするだけでなく、制御構造自体のカスタマイズも可能にした。評価の結果、ドリルは簡単に作成できたこと、ドリル制御構造を学習できたことは確認されたが、いくつか課題も残った。

キーワード：ドリルシェル、インストラクショナルデザイン、e ラーニング、ID ツール

### 1. はじめに

e ラーニングで提供される教材の1つにドリル型教材がある。これは主に学習内容の練習のために用いられ、よくクイズという形で提供されている。既存のLMS (Learning Management System) の多くはクイズを利用できるが、単に学習者の回答を要求し、フィードバックを行うものが多く、練習を支援するメカニズムには配慮されていない。

ドリルは、行動主義が全盛だった1960年から70年代にかけて、個別学習環境のドリル型 CAI (Computer Assisted Instruction) としてよく研究されてきた。その後、人工知能技術を応用して知的 CAI や ITS (Intelligent Tutoring System) といった知的システムに発展した。

ITS は複雑なシステムであり、効果的な学習を可能とする反面、構築に手間がかかる。一方で、テスト理論である項目反応理論を利用したドリル型 CAI (許・繁樹 1990) など、テスト研究を応用して効果的なアイテムの制御を行っている事例もある。ドリルの仕組みはテストと類似する部分もあるが、テストは診断や能力測定などの目的であるのに対し、ドリルは練習目的であり、アイテムに不正解した場合に理解するまで再出題の制御を行うという点などが異なる。

ITS やテスト理論を適用したシステムのような高度な制御を行わずとも、かなり単純な制御でも、相応の学習効果があると言われている (鈴木 1998)。これまでにインストラクショナルデザイン (ID) の研究によって、練習を効果的に行うドリル制御構造が複数提案されてきた (例えば、SALISBURY 1988, ALESSI and TROLLIP 2001)。ドリル制御構造 (鈴木 1998) とは、アイテムの選択および除去のメカニズム (鈴木 1989) である。主にフローチャートで表され、ドリルアルゴリズムと言い換えることもできる。SALISBURY (1988) ではドリル構造と呼んでいる。

ID に基づくドリル制御構造を組み込んだ開発ツールは、日本だけでなく海外でもほとんど存在していない。単純な制御すらも利用されていないドリル型教材が多く存在している現状においては、こういった開発

2007年12月28日受理

<sup>†</sup> Hisashi ICHIKAWA<sup>\*1,\*3</sup>, Akiko TAKAHASHI<sup>\*2,\*3</sup> and Katsuaki SUZUKI<sup>\*3</sup>: Development of an Integrated Drill Shell "Drill-Factory" Enabling to Apply and Learn Multiple Drill Structures

<sup>\*1</sup> Iwate Prefectural University, 152-52, Sugo, Takizawa, Iwate, 020-0193 Japan

<sup>\*2</sup> Seeand Inc., 1-11-17, Chuodori, Morioka, Iwate, 020-0021 Japan

<sup>\*3</sup> Kumamoto University, 2-39-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan

ツールが必要であると考えられる。そこで本研究は、ID で提案されているドリル制御構造の適用を支援する統合型ドリルシェル「ドリル工房」を開発した。

また、作成したドリルがどのように効果的に練習を支援するかについて、作成者が知る機会を用意することも重要である。例えば、ドリル制御構造 (ID) を知ること、ドリルに限らず、他の練習場面にも応用可能であり、教育の専門性を高めることにつながる。ドリルの学習者が自分のためにドリルを作成する場合は、認知的方略 (ガニエほか 2007) の視点から、自らの学びを工夫するきっかけにもなると考えられる。そこで、本システムは、簡単にドリルを作成することだけでなく、既存のドリル制御構造を整理し、作成者がドリル制御構造自体について学習できることを目指した。

ドリルシェルという用語は、鈴木 (1998) のドリル教材作成支援ツールと同義である。シェルという用語は、一般に UNIX においてカーネルの外側にある殻の部分に相当するコマンドインタプリタの意味 (山口ほか 1992) でよく使われている。また、MURRAY (1999) は、ITS の文脈で、シェルは ITS を構築するための汎用のフレームワークであるとする一方で、オーサリングツールはプログラミングができない人々へのユーザインタフェースを伴うシェルであると定義している。MERRILL *et al.* (1991) は、教授トランザクション (知識や技能の種類に応じた教授方略) をアルゴリズムとして実装しておき、知識をデータとして登録することで、教材を生成するシステムを教授トランザクションシェルと呼んでいる。知識は入れ替え可能であり、教材を配信する環境とオーサリング環境から構成されている。UNIX のシェルは複数存在し、ユーザは好みに応じて異なるシェルを利用するが、逆に教授トランザクションシェルは、1つの枠組みを用意し、中身を入れ替えることで複数の異なる教材が生成される。本研究においては、MERRILL *et al.* (1991) のシェルと同じ意味で用い、ドリル制御構造をあらかじめ組み込んでおき、内容 (アイテム) を入れ替えることのできるシステムとする。これは MURRAY (1999) のオーサリングツールとも同義である。また、ID で提案されている複数のドリル制御構造を1つのドリルシェルに統合したという意味で統合型という言葉を用いる。

本研究で扱うドリルの役割は主にガニエの9教授事象 (ガニエほか 2007) の練習 (事象6) とフィードバック (事象7) に相当し、学習する内容に関する導入や説明 (事象5以前の事象) を済ませてからの利用を

想定している。また、ドリルは認知領域における言語情報に限定する。言語情報は、ガニエの学習成果の5分類の1つで (ガニエほか 2007)、覚えたことを再生することが求められる。対照的な分類に知的技能があり、これは未知の課題に適用する能力の習得が求められ、言語情報とは必要とされる制御が大きく異なる。

## 2. 先行研究

### 2.1. ドリル制御構造に関する研究

ID の分野では、SALISBURY (1988) によって、単純なものから複雑なものまで複数のドリル制御構造が提案されてきた。関連して、MERRILL and SALISBURY (1984) は、単語帳のような単純なドリル制御構造に関する問題点を挙げ、その改善点を5項目に整理している。SALISBURY (1990) では、ドリルに関する認知心理学の知見を踏まえ、ドリルの設計について、干渉、練習の間隔、復習の間隔、短期記憶の容量、記憶の情報表現という5つの視点から整理している。ALESSI and TROLLIP (2001) はドリルの設計原理や2種類のドリル制御構造を提案している。

日本におけるドリル制御構造に関する研究としては、鈴木 (1989) が言語情報と知的技能のドリルの設計について、SALISBURY (1988) や ALESSI and TROLLIP (2001) の旧版の内容を参考に ID の視点でまとめている。また、水野 (2000) が分散効果の生起過程に関する認知心理学的知見に基づき、Low-First 方式を提案している。

### 2.2. ドリルシステム

ドリルシステムという言葉は、作成機能の有り無しに関わらずドリルを提供するためのシステムという意味で用いる。鈴木 (1998) は ID に基づく HyperCard 上のドリルシェルを開発し、正解消去型と空欄補充型のドリルを作成できるようにした。改善後には項目間隔変動型と状態前進型を組み合わせたドリル制御構造を実装している。Drill Designer 2.1 (THE UNIVERSITY OF IOWA 1999) は、アイオワ大学で開発された、項目間隔変動型のドリルを作成するためのコマンドライブラリであり、既存の2種類のオーサリングツールに対応している。利用にはプログラミングの知識を必要とするため、一般向けとは言い難い。付属のデモ版は、アイテムの動きがわかるようにキューの状態 (アイテムの並び) を可視化している。Hot Potatoes (HALF-BAKED SOFTWARE INC. 2007) は、ヴィクトリア大学で開発されたドリルシェルで、多肢選択、並べ替え、穴埋め、内容一致、クロスワード型のドリルを作成できる。標

準規格の SCORM (Sharable Content Object Reference Model) にも対応していて LMS に載せることが可能であるが、特に ID やドリル制御構造に関する記載は無い。

ドリル作成以外のシステムとしては、藤原 (2005) が情報処理入門科目における個別学習システムのドリル機能として、状態前進型のドリル制御構造を採用している。水野 (2000) や松浦 (2006) は、Low-First 方式による CAI 教材を開発している。また、携帯電話上のドリル (水野・松尾 2006) や、PDA 上の手書き文字認識を利用した漢字ドリル (石塚ほか 2004) など、提供形態も多彩になっている。標準化の観点では、QTI (Question & Test Interoperability) と呼ばれるクイズやテスト作成の標準規格に準拠したテストシステムが開発されており (仲林ほか 2005)、ドリルについても今後対応を検討していく必要がある。

### 2.3. アイテムの形式

ドリルの先行研究では、アイテムの形式を2種類特定した。一方は、個々のアイテムに対して、問題と正答 (刺激と反応) が1対ずつ登録され、各アイテムについて共通の問題文を設定し、選択肢には他のアイテムの正答を利用できる形式である。例えば、「次の地図記号は何を表すか」という共通問題文に対して、郵便局の地図記号を提示し、選択肢は、郵便局、学校、官公庁などのように他の地図記号の問題の正答も混ぜて構成する。ALESSI and TROLLIP (2001) は、対連合のアイテム (Paired-associate item) と呼び、鈴木 (1998) もこの形式を想定しているなど、過去のドリル研究に多い。言語情報の場合は、同じドリル群に含まれる他のアイテムが当該のアイテムと十分に紛らわしいという前提で、他のアイテムの正答を当該アイテムの正答と混ぜて選択肢を構成することが可能である (鈴木 1989)。この形式では対の関係 (問題と正答) を入れ替えることもできる。これを共通問題文形式と名付けた。

もう一方は、個々のアイテムに対して、問題文と選択肢 (正解を含む) の両方を登録する形式である。これは一般的なテストのアイテムと同様であり、例えば歴史 (鎌倉時代) のドリルで、鎌倉幕府設立の年代や、鎌倉幕府を開いた人物を答えさせる場合は、選択肢をそれぞれに用意しないと、明らかに正解がわかってしまうことになる。近年の多くのドリルツールや LMS および QTI は、こちらの形式を想定している。これを個別問題文形式と名付けた。

### 2.4. 本研究との関連

ID 研究において、これまで複数のドリル制御構造が

提案されており、それらを実装したドリルシステムはいくつか開発されている。一方で、ドリル制御構造を組み込んだドリルを簡単に作成して提供できるようなドリルシェルは、研究例が少なく、現状において利用可能な状態で提供されていない。既存のドリルシェルは、個々に1つのドリル制御構造を実装しているが、提案されているドリル制御構造は複数あり、例えば手厚く練習させる制御は、手軽さを失うことになるなど、トレードオフが存在する。よって、複数のドリル制御構造を統合し、ドリルの学習内容や利用場面に応じてドリル制御構造を選択できる環境が求められる。統合には、提案されてきたドリル制御構造を整理する枠組みが必要であり、SALISBURY (1988) である程度進められているが、きちんと整理されていない。

また、ドリル制御構造自体を学べる環境を有するシステムは、Drill Designer 2.1 (THE UNIVERSITY OF IOWA 1999) のデモ以外を見つけないことができなかった。既存のドリルシステムは、ドリル制御構造がブラックボックスである場合が多い。Drill Designer 2.1のデモにおいても、1種類のドリル制御構造のキューの状態を可視化しているにすぎず、ドリル制御構造を学習する環境としては弱い。複数のドリル制御構造に対応するとともに、可視化だけでなくドリル制御構造の基礎を学習する教材なども追加する必要がある。

アイテムの形式 (共通問題文形式や個別問題文形式) については、既存のドリルシェルは、この2つの形式のどちらか一方にしか対応していない状況である。作成者が想定するドリルはどちらの形式も可能性があるため、両方に対応することが必要である。

利便性の面では、近年は教育の配信に LMS を導入する事例が増えているため、ドリルについても、Hot Potatoes (HALF-BAKED SOFTWARE INC. 2007) のように SCORM に対応していくことも必要である。

以上から、本研究の特徴的な点は、ID に基づくドリル制御構造を組み込んだドリルを簡単に作成できるドリルシェルを開発したこと、複数のドリル制御構造を整理して統合したこと、ドリル制御構造を学習できる機能を設けたこと、共通問題文形式と個別問題文形式の両方に対応したこと等が挙げられる。

## 3. ドリル制御構造の整理

### 3.1. ドリル制御構造の種類

ドリルの制御に関する基本的な流れ (サイクル) は、アイテムの選択、アイテムの提示、応答の取得、正誤

判定、フィードバックを繰り返し、終了後に評価を表示する (SALISBURY 1988)。また、ドリルは図 1 に示すように、未学習のアイテムを入れるアイテムプール (IP)、学習中のアイテムを入れるワーキングプール (WP)、学習済のアイテムを入れるレビュープール (RP) という 3 種類のプール (アイテムの記憶領域) で構成される (MERRILL and SALISBURY 1984)。

最も単純な制御のドリルは、WP のみで構成され、出題するすべてのアイテムを WP に格納し、そこから 1 項目ずつ順番に出題される。正解であっても不正解であっても、アイテムは WP から取り出され、WP が空になった時点で終了、あるいは最初に戻って繰り返しとなる (原始的なドリル)。RP が追加されると、正解したアイテムが RP に入り、不正解したアイテムが WP に残ること、不正解したアイテムを集中的に学習できるようになる (2 プール型)。IP が追加されると、アイテムはまず IP に入り、人間の記憶容量に配慮し、 $7 \pm 2$  項目ずつ WP にアイテムを移動して出題する (3 プール型)。また、RP に日付の概念を加え、ある日付に達したらアイテムを WP に戻すことで復習機会を増加させたり (復習機会増加の 3 プール型)、事前テストやリハーサルを加え、RP (日付が 1 日、2 日、7 日) を 3 つ用意したものが最も複雑な状態前進型となる。リハーサルとは心理学で用いられる反復の意味ではなく、問題文と正答を同時に提示することである。状態前進型は、事前テスト状態 (既知のアイテムを排除する)、リハーサル状態 (正答を覚える)、ドリル状態 (アイテムを出題する)、復習状態 (既習アイテムを再出題する) のように徐々に状態を移行していくドリル制御構造である。

また、ALESSI and TROLLIP (2001) の項目間隔変動型は、不正解のアイテムを、待ち行列の最後尾に戻さずに何項目か後で、徐々に間隔を空けながら再出題していくドリル制御構造である。復習機会増加の 3 プール型と似ているが、WP の構成法をはじめとして制御が異なる部分が多い。もう 1 つ提案されている単語帳型は、2 プール型とほぼ同様である。

### 3.2. ドリル制御構造のスイッチ化

ドリル制御構造および制御要素の種類を表 1 に示す。

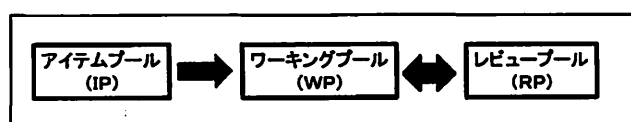


図 1 ドリルを構成する 3 種類のプール  
(MERRILL and SALISBURY 1984 を一部改変)

制御要素という用語は、本論文の造語であり、SALISBURY (1988) や MERRILL and SALISBURY (1984) を参考に、ドリル制御構造の構成要素として、学習を効果的にするための工夫 (練習を支援するための制御) を、細かく分けたものである。また、パラメータとは、制御に影響を与える変更可能な値 (数字とは限らない) のことであり、例えば合格基準などが挙げられる。

表 1 は、制御要素をスイッチとして捉え、そのオンオフで既存のドリル制御構造が実現するように整理した。スイッチという概念を用いることで、各ドリル制御構造の制御要素を明確にし、特徴や違いをはっきりさせることを目的とした。スイッチはドリル制御構造を統合するために独自に考案したものであり、これによってドリル作成者が各ドリル制御構造を理解しやすくなることを狙っている。なお、各ドリルの制御構造および制御要素については、既存の研究成果を利用しているため、独自に考案したものではないことを補足しておく。特に SALISBURY (1988) が、ドリルに必要な最低限の制御に対して、段階的に制御要素を追加していく視点でドリル制御構造を紹介しており、それを参考にして構造が明確となるように整理し直したことになる。

また、スイッチの切り替えによってドリル制御構造のカスタマイズも可能になる。鈴木 (1998) が行ったように、複数のドリル制御構造を組み合わせることが可能であり、制御要素にはそれぞれに利点や適用すべき状況があるため (例えば、アイテムを小分けにすることは、アイテム数が多い場合に適用する等)、作成者が状況に応じて変更できることが望ましい。カスタマイズすることで、様々なドリルの制御を試行できるため、ドリル制御構造の学習を促進できる可能性もある。

スイッチ化によって、厳密にはいくつかのドリル制御構造を多少変更した。例えば、状態前進型は、WP に入っているアイテムが出題されるごとに、RP や IP を参照して WP への補充処理を行うが、これは復習機会増加の 3 プール型の処理とはかなり異なるため、WP 内の項目が無くなるまでは補充処理を行わないこととした。また、事前テストの処理については、MERRILL and SALISBURY (1984) を参考に、新しいアイテムが WP に入る時に事前テストを行い、正解のアイテムを除去し、WP が必要数になるまで、出題を繰り返すこととした。

### 3.3. 合格基準の取り扱い

合格基準は、ドリルの終了条件 (ドリルのサイクルを抜け出すための条件) と換言できる。ドリル制御構造には、合格基準の概念が入っているものと、学習者

表1 ドリル制御構造と制御要素

制御要素	説明／パラメータ	ドリル制御構造					
		A	B	C	D	E	F
① アイテムを小さなまとまりに分けて出題する	短期記憶の容量制限への配慮 (SALISBURY 1988) とアイテム間の干渉を減らす (MERRIL and SALISBURY 1984) ため、一度に出題するアイテム数は $7 \pm 2$ 個とする。すべてのアイテムを一度にまとめて練習させようとせずに、少しずつ無理なく練習させる。パラメータは WP の容量 (一度に出題するアイテム数) であり、デフォルトは 7 である (本システムは 5～9 の範囲で自動的に設定する。詳細は 4.3. を参照)。	×	×	○	○	○	×
② 出題順をシャッフルする	連続学習効果を取り除き、何度も繰り返して練習できるようにアイテムをランダムに並べ替える (SALISBURY 1988)。連続学習効果は、アイテムの順番を回答の手がかりとして利用することで、順番が変わると正答できなくなる場合を指す。シャッフルは、WP が空になってアイテムが補充された時か、IP がある場合は出題前の最初の時に行う。	×	○	○	○	○	○
③ 不正解したアイテムを集中的に出題する	不正解したアイテムを WP に戻す (残す) ことで、学習済みのアイテムとは区別し、理解していないアイテムを集中的に練習できるようにする (SALISBURY 1988)。パラメータは、WP の最後尾に戻す (デフォルト) か、項目間隔変動かである。項目間隔変動は、学習者の短期記憶にアイテムの情報が残っているうちに、すぐに再出題することで、長期記憶への格納を促進する (ALESSI and TROLLIP 2001)。パラメータとして再出題間隔 (3, 7, 15...等) も設定できる。	×	○	○	○	○	※ 2
④ 合格したアイテムを一定期間後に復習として出題する	合格したアイテムを RP に入れ、一定期間後に復習のために再出題する。保持を高めるために、学習済みのアイテムを復習させることが推奨されている (MERRIL and SALISBURY 1984)。RP は 3 つまで用意できる (出題して合格するごとに次の RP に移っていく)。各 RP にパラメータとして日付を設定し、その日付を越えた場合に、RP のアイテムが WP に移動して出題される。WP へ移動後に不正解した場合には、その時の復習状態を維持するか、ドリル状態に移行するかを設定できる。デフォルトは RP が 1 つで日付は 1 日である。	×	×	×	○	※ 1	×
⑤ 事前テストを行う	最初に事前テストとしてアイテムを出題する。学習者がすでに知っているアイテムを排除し、練習の必要があるアイテムだけを選定する。事前テストに不正解の場合は、ドリル状態からリハーサル状態に進む。多くのアイテムを学習者がすでに知っている場合に、事前テストは特に有用とされる (MERRIL and SALISBURY 1984)。事前テストは、WP に新しく未出題のアイテムが補充されるタイミングで行う。	×	×	×	×	○	×
⑥ リハーサルを行う	練習 (ドリル状態) の直前にリハーサル (問題文と正答を同時に表示) を行う。学習者が練習ではなく評価と意識してしまい、不正解を敬遠しないように、練習の初期に正解やヒントを求めに応じて与えることも考えられる (鈴木 1989)。学習者の知らないアイテムが多そうな場合は不正解ばかりになるので、まずリハーサルを行ってもよい。	×	×	×	×	○	×

A: 原始的なドリル B: 2プール型ドリル (SALISBURY 1988) C: 3プール型ドリル (SALISBURY 1988)

D: 復習機会増加の 3プール型ドリル (SALISBURY 1988) E: 状態前進型ドリル (SALISBURY 1988)

F: 項目間隔変動型ドリル (ALESSI and TROLLIP 2001) IP: アイテムプール WP: ワーキングプール RP: レビュープール

○, ×: 列 (A～F) が示すドリル制御構造が、行 (①～⑥) が示す制御要素を含む場合は○, 含まない場合は×としている。

※1: パラメータは、第1レビュープールが1日、第2が3日、第3が7日とし、不正解時は復習状態維持となる。

※2: パラメータは、項目間隔変動である。

が停止するまで無限に出題が繰り返されるものがあり、この違いによりドリル制御構造も変わってくる。ALESSI and TROLLIP (2001) によれば、合格基準は、個々のアイテムに対する基準と全体に対する基準という2種類がある。個々のアイテムの場合は、正解が連続で続いた回数、全体の場合は何割が合格したかで、学習目標に到達したかを判断する。不正解時にはそれまでの正解回数をリセットし、不正解アイテムを集中的に出題すべきであるとしている。例えば項目間隔変動型は、不正解時に合格基準を1つ増やし、その数だけ不正解したアイテムを、間隔を増加させながらWPに配置する。また、項目間隔変動型はWPへアイテムを最初に読み込む際に、合格基準の数だけ複製して構成する。つまり、全5項目で合格基準が2回正解であれば10項目がWPに入ることになり、正解のアイテムを除去し、アイテムがWPから無くなった時点で合格基準を満たす。

SALISBURY (1988) では、合格基準が状態前進型を除いて全く検討されておらず、ドリルを停止するのは学習者次第となっていた。状態前進型についてのみ、各状態のすべてに個別の合格基準が存在し、最終的にはアイテムがすべて除去されれば終了となる。本研究では合格基準を実装するために、状態前進型でなくとも状態という概念を利用することにし、各状態に合格基準を設定した。通常のWPのみで構成されるドリルは、ドリル状態とみなす。また、2プール型や3プール型のRPは、正解アイテムの復習ではなく不正解アイテムの再出題という意味合いが強いため、復習状態とはせずにWPとあわせてドリル状態とみなし、合格基準を設定することとした。また、日付のRPは、復習状態とみなし、あくまでもドリル状態で合格したことを前提に、復習アイテムとして出題するという位置づけにした。

また、合格基準を設定するということは、正解と合格という2つの概念ができることになり、合格基準が連続2回以上正解であれば、一度正解しても合格とはならない。よって、設定の内容に関わらず、合格基準の回数分だけは、WPに戻すように内部的に処理(保証)するようにした。一方で、ドリル状態や復習状態などのすべての状態に対して個別に作成者が合格基準を設定することは、わかりにくさを助長する可能性があるため、作成者が設定するドリル状態の合格基準と同じ基準を適用することとした。

### 3.4. その他のドリル制御構造の適用可能性

本研究では、ドリル制御構造の統合を目指して開発しているため、既存の他のドリル制御構造の適用可能

性も展望しておく。鈴木(1998)では、項目間隔変動型と状態前進型を組み合わせた方式を提案していたが、リハーサル状態と項目間隔変動型のパラメータを設定することで、近い動きを実現できる。水野(2000)のLow-First方式は、項目間隔変動型と類似するドリル制御構造であるが、1項目ごとではなく、すべてのアイテムの正誤の結果と合格基準を踏まえて、次の出題順を決定するという点が異なっており、より複雑な制御を行っていると言える。不正解のアイテムを集中的に出題する制御要素(表1)にLow-First方式というパラメータを追加することになる。

### 3.5. ドリル制御構造の選択

既存のドリル制御構造に関して、作成者の選択を支援するために、選択チャートを作成した(図2)。これまでにドリル制御構造は複数提案されてきたが、状況に応じてどれを選択したらよいかについては、ほとんど整理されてこなかった。SALISBURY (1988) は、ドリル制御構造の選択について、学習課題の種類、学習スキル、プログラミングコストの3つを挙げている。しかしながら、学習課題の種類については本システムが言語情報のみであり、プログラミングコストについても、本システムにあらかじめドリル制御構造を実装しているため、特に留意する必要はない。学習スキル(復習等を自分なりに工夫してできるか)は、学習者次第の要素が強いため、今回は含めないこととした。

他には、例えばドリルの出題数に基づく選択が考えられる。システム側で把握できるため、自動的な選択が可能となる利点もある。短期記憶の容量の範囲内(7項目以内)であるなら、アイテムを小分けに出題する制御要素は不要であり、2プール型で十分となる。一方で、出題数が多い場合は、一度に覚えるアイテムが多すぎるために、3プール型が必要となる。また、項目間隔変動型についても、2プール型ほどではないが出題数が多い場合には不適当となる。厳密な規定はないが、一度に学習するには15項目程度が限界である(鈴木1989)という指摘を参考にし、それ以上の場合は、3プール型か復習機会増加の3プール型、状態前進型を候補とした。8~15項目程度までは、項目間隔変動型と3プール型が考えられるが、項目間隔変動型は、不正解のアイテムを集中的に学習できるドリル制御構造であり、覚えにくそうな(紛らわしい)アイテムが多い場合に優れていると考え、その点で分岐させた。

学習者が学習を行う頻度によっても選択すべきドリル制御構造が変わってくる。1回しか学習されないよ

うなドリルであれば、復習機会増加の3プール型や状態前進型は意味をなさない。むしろその場で完結した方が、学習者にとっても達成感が増す。よって一定期間利用する場合は復習機会増加の3プール型や状態前進型とし、そうでない場合は3プール型とした。また、既習状況によっても変わることも考えられる。いくつかのアイテムの正答を事前に学習者が知っている可能性があるなら、「事前テストを行う」の制御要素を提供することが役に立つ (MERRILL and SALISBURY 1984) ので、状態前進型が良いと考えられる。よって、学習者が既に知っているアイテムがある場合には状態前進型とし、そうでない場合は復習機会増加の3プール型とした。

#### 4. システム構成

##### 4.1. システム概要

本システムはドリルシェルであるため、ドリルやIDについてよく知らない作成者であっても、アイテムを登録さえすれば、IDに基づく効果的なドリルを作成できる。また、本システムはドリルを簡単に作成・提供できるだけでなく、ドリル制御構造自体を学ぶこともできる。本システムを概念図3に示す。

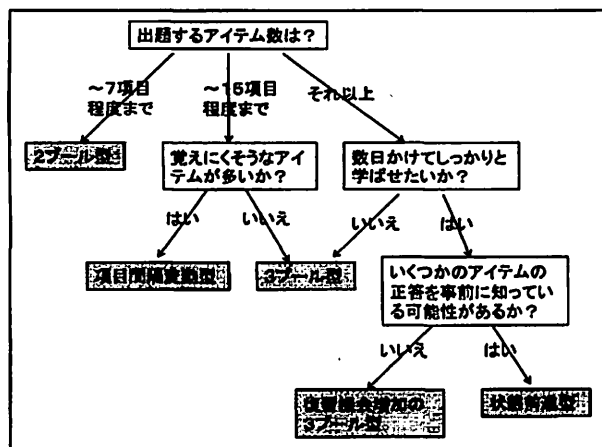


図2 ドリル制御構造の選択チャート

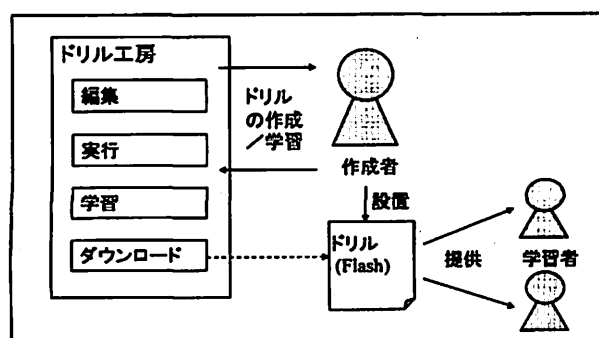


図3 システム概念図

提供している機能は、編集、実行、ダウンロード、学習の4種類である。作成者が本システムで作成したドリルを実際の学習に利用するためには、自分のローカル環境にダウンロードして設置する必要がある。よって、本システムの対象ユーザは、ドリルの作成者（ドリル制御構造の学習も含む）と、作成者がダウンロード後に設置したドリルを利用する学習者が想定される。

##### 4.2. 編集機能

編集機能は、ドリルの新規作成や編集、アイテムの追加や削除を行うための機能である。ドリルは、必要最小限の情報を登録するだけで動くように配慮した。多くのパラメータはデフォルトで設定されており、作成者が要求しない限りは表示されない。編集機能は、ドリル作成とアイテムの編集という2つの下位機能から構成されている。

ドリル作成においては、ドリルのタイトルを入力し、ドリルの形式として「共通問題文形式」か「個別問題文形式」を選択し、選択肢数を入力する。問題文形式を選択させるために、2種類の形式の違いに関する説明を表示するようにした。

アイテムの編集において、共通問題文形式の場合は、まず共通の問題文を入力し、その後で問題と正答のペアを入力していくことになる（図4）。ここでは10項目分を一度に入力することが可能である。個別問題文形式の場合は、問題文と選択肢の入力が必要となる。両者とも、回答へのフィードバック時に表示される解説を追加することもできる。利用可能なリソースの形式は、文字と画像と音声である。また、共通問題文形式

No	問題	答え	解説	削除
1	イギリス			削除
2	イタリア			削除
3	フランス			削除

図4 問題の編集画面（共通問題文形式）

は問題と正答を入れ替えることが可能なので、入れ替えた時に使う問題文を入力する欄も用意している。

ドリルのデザインについても、文字色や背景色を変更でき、作成後に公開する場所等に合った配色に設定できる。また、作成時のアドバイスとして、1つのドリルに含まれるアイテム群は、1つの学習目標に対応させることが原則（鈴木 1989）であること、ドリルを飽きさせないために1回15分程度に押さえる方がよい（ALESSI and TROLLIP 2001）といった説明を提示するようにした。

#### 4.3. 実行機能

実行機能は、作成したドリルを実行（確認）するための機能である（図5）。実際にドリルで学ぶというよりはプレビュー（動作チェック）としての利用を想定している。

ドリルを実行すると、システムはアイテムを出題し、学習者が回答を入力し、フィードバックとして正解か不正解、不正解の場合は正答、設定されていれば解説を表示する。ドリルの実行前にドリル制御構造やパラメータを設定可能であるが、それを行わなくとも、デフォルトの設定ですぐに実行できる。

ドリル制御構造の選択においては、登録しているドリル制御構造の一覧から選ぶことになるが（図6左上）、出題するアイテム数はシステム側で判断可能なため、7項目までは2プール型、8から15項目までは項目間隔変動型、それ以上は3プール型をデフォルトとして自動設定することにした。これにより、作成者がデフォルト設定のまま利用したとしても、作成したドリルにある程度適したドリル制御構造が選択されることになる。また、3プール型等でアイテムを小さなまとまりに分けて出題する際に、例えば8項目の時にまとまりを7項目に設定すると7と1でバランスが悪い。よって、バランスをとるために出題数を9から5の順で割り切れるものを探し、そうであればその数を、割り切れない場合は、余りの最も少ない数をデフォルトとした。

また、ドリル制御構造のカスタマイズ用に表1で示した制御要素のスイッチを用意した（図6右下）。各制御要素に固有なパラメータ設定の表示は、スイッチの切り替えに連動させている。それ以外のパラメータとして、合格基準、出題形式（再認の多肢選択式か、再生の記述式）、利用するアイテム数、評価結果の提示内容なども併せて設定できる（図6右上）。

実装の段階においては、作成者のニーズを鑑み、ドリル制御構造に診断（ここでは正誤判定のみ）という

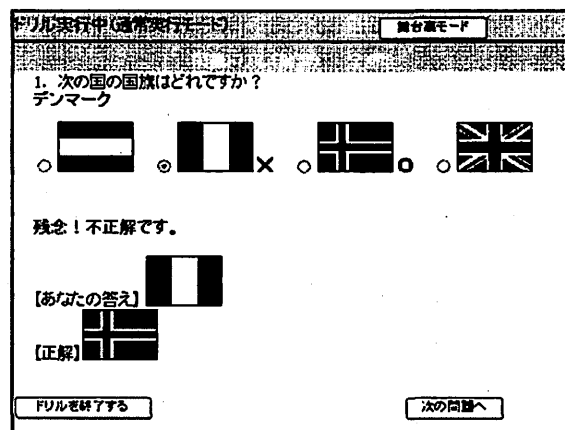


図5 ドリル実行画面

ドリルの種類		並び方	表示/非表示
<input type="radio"/> 2プール構造	<input type="checkbox"/> 解説		<input checked="" type="checkbox"/> 表示する
<input type="radio"/> 3プール構造	<input type="checkbox"/> 解説		<input checked="" type="checkbox"/> 全問出題 <input type="checkbox"/> 出題数を設定
<input type="radio"/> 復習3プール構造	<input type="checkbox"/> 解説		
<input checked="" type="radio"/> 項目間隔変動型	<input type="checkbox"/> 解説		
<input type="radio"/> 状態前遷移型	<input type="checkbox"/> 解説		
<input type="radio"/> 単独ドリル	<input type="checkbox"/> 解説		
<input type="radio"/> 診断テスト型	<input type="checkbox"/> 解説		
<input type="radio"/> カスタマイズ			
合格基準		1問ごとの合格基準: 連続 1 回正解	
		全体の合格基準: 100 %	
		<input type="checkbox"/> 全体の合格基準を満たしたら終了	
出題と回答の形式		回答形式: <input checked="" type="checkbox"/> 文字選択型	
		<input type="checkbox"/> 画像・音選択型	
		<input type="checkbox"/> 記述型	
		選択回数: 4 回	
評価		ドリルの終了時に評価を表示	
		<input checked="" type="checkbox"/> 出題数	
		<input checked="" type="checkbox"/> 正答数	
		<input checked="" type="checkbox"/> 誤答数	
		<input checked="" type="checkbox"/> 正答率	
		<input type="checkbox"/> 合格判定	
問題の選択		<input checked="" type="checkbox"/> 問題を小分けして出題	
		<input checked="" type="checkbox"/> 出題順をシャッフルする	
		並び替え方法: ランダム	
回答後		<input checked="" type="checkbox"/> 1問ごとにフィードバックを表示	
		<input checked="" type="checkbox"/> ○と×の表示	
		<input checked="" type="checkbox"/> 正答の表示	
		<input checked="" type="checkbox"/> 解説の表示	
問題の除去		<input checked="" type="checkbox"/> 不正解した問題を集中的に出題	
		<input checked="" type="checkbox"/> 項目間隔変動	

図6 ドリル制御構造の選択とスイッチ

制御構造を追加した。仲林ら（2005）は、テストの実行形式の分類の中で、学習目的のテストとしてドリルを挙げ、1項目ごとに回答してフィードバックを行う形式ということで差別化している。診断を実装するために、回答直後に（即時）フィードバックを行うというスイッチを新設し、それをオフとすることで対応した。なお、即時フィードバックは本来ドリルに必須で備えるべき制御であるため、表1には含めていない。

#### 4.4. ダウンロード機能

ダウンロード機能は、作成したドリルをローカル環境に持ち帰り、ネットワークの有り無しに関わらず、



作成者が提供する e ラーニングや、もしくは自学自習に利用するための機能である。作成者はダウンロード前に、過去にドリルを実行した記録の一覧から設定を選択するか、ドリル名やドリル制御構造とパラメータを新しく設定する。ダウンロードしたドリルは、その時に設定したドリル制御構造とパラメータのみで動き、実行機能のようにいつでも変更できるようにはなっていない。ダウンロードされるファイルには、実行プログラムと設定ファイル (XML でドリル制御構造やパラメータ、各アイテムの情報を記述) が含まれる。

また、ダウンロードするドリルは SCORM1.2 への対応 (学習履歴の保存) を選択でき、LMS 上に載せることで、利用状態の記録や、ドリルの中断と再開ができる。アイテム状態の保存には、cmi.suspend\_data の領域を利用した。

#### 4.5. 学習機能

学習機能は、ドリルの内部プロセスの可視化 (シミュレーション) と、ドリル制御構造に関する教材や説明の提供を行うための機能である。可視化モードには、ドリル実行時 (実行機能) からいつでも切り替えが可能であり、アイテムの順番や状態の一覧を表示し、回答するごとに、状態が更新される。可視化モードは 4 つの画面から構成され、通常のドリル実行画面が左上に表示される。左下にはアイテムのリスト (表形式) が表示され、行はアイテムの順番を、列はアイテムの状態を示す (図 7 は 3 プール型の場合である)。ドリルのパラメータは右上に表示され、いつでも変更が可能である。パラメータを変更すると、すぐにアイテムの状態も更新される。ドリルの制御ログは右下に表示され、制御のプロセスを戻ったり、進めたりするボタンを利用して、ドリルの動きを振り返ることができる。

教材や説明については、一通りのドリル制御構造は網羅しつつも、最低限 2 プール型と 3 プール型は理解してもらおうという観点で作成した。SALISBURY (1988) を参考にし、原始的なドリルから 3 プール型までを、シャッフルや各プールの追加という視点から段階的に解説するアニメーション教材とした。また、各ドリル制御構造の説明時に、そのサンプルとして可視化モードを直接参照できるようにし、アイテムの動きを確認できるようにした。その他のより複雑なドリル制御構造は、それぞれの解説を用意し、さらにドリル制御構造と制御要素 (表 1) を、平易な言葉に書き換えて提示した。

アイテムID	アイテム名	状態
1	アイリス	O
2	オランダ	O
3	イタリア	O
4	ルクセンブルグ	O
5	フランス	.
6	アイルランド	.
7	ノルウェー	.
8	イギリス	O
9	ロシア	O

図 7 可視化モード (アイテムの順番と状態)

#### 4.6. 開発・実行環境

本システムは、Apache, PHP, JavaScript, HTML, MySQL, Adobe Flash によって構築した。Flash は、ダウンロード時の実行ファイルや教材に利用している。ドリル制御構造を拡張しやすいように、制御要素のスイッチや、それ以外の制御に必要となる処理を細かくクラス化した。なお、本システムの動作について、現状では Internet Explorer 6.0 でのみ確認を行っている。

### 5. 評価

#### 5.1. 評価概要

評価は、本システムにおけるドリル作成のユーザビリティとドリル制御構造の学習について行った。評価方法は、システムを Web 上に公開し、予備実験の後に、ソフトウェア系の大学生 1 ~ 3 年生の計 12 名に対して数名ずつ利用してもらった。手順としては、作業課題の説明書を渡し、システムを利用してもらい、アンケートに記入してもらった。また、評価集計後に 5 名に対して結果をもとにしたインタビューを行った。評価は、単純なドリル作成、ドリル制御構造の学習、ドリル制御構造の適用という順番で実施した。

#### 5.2. 単純なドリル作成に関して

本システムは、デフォルト設定のままでも ID に基づくドリル制御構造の中からある程度適したものを自動で組み込む。よって、まずは最も単純な手順で (ドリル制御構造やパラメータの設定を一切行わずにデフォルト設定のみを用いて)、簡単にドリルを作成することができるかを確認する目的で評価を行った。また、アイテム登録の際に必要な 2 種類の問題文形式を区別できるかもあわせて確認した。

手順は、作業課題として作成するドリルの内容 (共通問題文形式および個別問題文形式の 2 種類のアイテムのリスト) を提示し、2 種類のドリルを順番に作成

してもらった。ドリル制御構造とパラメータはすべてデフォルトを利用し、実行画面で確認後、ドリルをダウンロードして実行するところまで（ドリル実行画面を見てもらう程度で学習はしない）を行った。アイテム数は両形式とも7項目で合計200字程度の文字数とし、手入力してもらった。作業課題の順番は、協力者を2群に分け、片方の群は作成する問題文形式を逆順とした。なお、機器等のトラブルで中断した1名と、作成をせずに他の機能を見ていたために共通問題文形式が28分と長時間になった1名については除外した。

結果を表2に示す。全員が適切に共通問題文形式と個別問題文形式を選択し、ドリルの作成を完了できた。平均作成時間は共通問題文形式が12.80分、個別問題文形式が11.50分であった。アンケートの結果からは、簡単にドリルを作成できたかの項目について5段階（5が最も良い）で平均4.58（ $SD=0.79$ ）であったことや、本システムの良かった点（自由記述）として簡単に作成できたと回答した協力者が半数の6名にものぼったことから、簡単にドリルを作成できたと判断できる。

しかし、2種類の問題文形式を理解できたかの項目について平均4.58（ $SD=0.79$ ）と高評価であったものの、インタビューでは5名全員が最初は迷ったと述べており、形式を選択せずにデフォルトで進み、おかしいということに気づいてから説明を読んだのが2名、最初から説明を読んで理解してから作成したのが3名であった。説明を見ればわかるようであったので、例えば、問題文形式はデフォルトを設定せずに、必ず選択させるという行為を行わせる必要がある。

### 5.3. ドリル制御構造の学習に関して

ドリル制御構造の学習については、システムの学習機能を利用して、ドリル制御構造が理解できたかどうかを確かめる目的で評価を行った。

手順は、学習機能の部分を教材として見てもらい、事前事後テストに答えてもらった。テストは合計10問の記述式とした。1問1点としたが、記述式であるので、内容が多少あっていれば0.5点と計算した。問題の内訳は、シャッフルとIPとRPの利点の説明（3問）、2および3プール型のアイテムの動きを示す（2問）、各ドリル制御構造の説明（5問）であった。3問分が3プール型よりも複雑なドリル制御構造の説明を課しており、さらに1問分は間違っても良いこととし、6点以上を合格とした。事前と事後テストは、ほぼ同じ問題とし、アイテムの動きの2問のみ、アイテムの並びを変えた。

結果として、学習時間は平均15.00分（ $SD=5.29$ ）で、

最低は7分、最高は23分であった。事前事後テストの結果を表3に示す。ドリルの内容をまったく知らない協力者であったので、事前テストは平均が0点に近かったのに対し（ただしシャッフルの利点だけは4割程度の正解率があった）、事後テストでは合格基準ぎりぎりの平均6.12点まで引き上げることができ、 $t$ 検定を行った結果、有意差も確認された。よって、本システムを使うことで、ドリル制御構造を学習できたと言える。

一方で、合格基準は超えたが、あまり点数が高くなかった理由としては、3プール型の説明やIPの利点の説明の合格率が6割前後であったことが挙げられる。アンケートからは、ドリル制御構造の多さや情報の過密性への指摘があり、協力者を混乱させてしまったようであった。2プール型と3プール型を学ぶアニメーション教材は好評であったことから、最初からすべてを表示せずに、作成者が自分のレベルに応じて段階的に表示を制御できるような仕組みや、一カ所に学習教材をまとめるだけでなく、システムで必要そうな部分に随時説明を入れるなども考えられる。

また、アイテムの動きを示す2問が正解率8割以上と点数は良かったが、協力者がソフトウェア系ということが影響しているとも考えられる。インタビューでは教材のアニメーションが良かったという意見で全員一致しているが、可視化モードも併用して理解を深められたと答えたのは1名に留まった。可視化モードが理解できたかのアンケート項目では平均3.50（ $SD=0.80$ ）であり、比較的低い結果となった。インタビューからは、可視化モードはわかりにくかった、説明が無くてよく分からなかったという意見があったので、使い方の説明を充実させるなど、今後改善を行う必要がある。

### 5.4. ドリル制御構造の適用に関して

ドリル制御構造の学習に関する評価の延長線上で、ドリル制御構造の教材で学んだことを、実際に自分が

表2 単純なドリル作成の平均時間（分、括弧内は $SD$ ）

A:5 B:5	共通問題文形式	個別問題文形式
課題1	14.40 (2.94) [A群]	13.00 (2.61) [B群]
課題2	11.20 (2.71) [B群]	10.00 (1.41) [A群]
計	12.80 (3.25)	11.50 (2.56)

表3 事前事後テストの結果（平均点、10点満点、 $N:12$ ）

事前テスト	事後テスト
0.42 (0.45)	6.12 (1.85)

括弧内は $SD$ 、 $t(11)=10.68$ 、 $p<0.01$

作成するドリルに対して適用できるかを確かめる目的で評価を行った。手順は、他の機能も含めてシステム全体を眺めてもらい、自由な内容でドリルを1つ作成し、最適と思われるドリル制御構造を設定してもらった。この課題については、今回の協力者には難しいと考えたが、学習面の評価の補足的な意味で、今後の改善に向けての情報を得るために実施した。

結果として、登録アイテム数は平均4.73個( $SD=2.69$ )となり、作成できなかった協力者は1名で、ドリル制御構造の適用があまりわからなかったので作成を控えたということであった。既存のドリル制御構造を用いたのは9名、カスタマイズした者は2名であった。ドリル制御構造の選択理由としては、間違えたアイテムを何度も繰り返し学習してほしいという理由で2プル型を選択したり、アイテム数を多くこなせるという理由で3プル型を選択したり、間違えたら繰り返し覚えての方がよいという理由で項目間隔変動型とするなど、正当な理由をつけてドリル制御構造を選択していた。カスタマイズでは、3プル型に項目間隔変動型を追加したのが見られた。しかし、少数ではあるが、簡単なドリル制御構造で十分と判断して原始的なドリルを選択したり、アイテム数が少なく(7問であった)すぐに終わってしまうという理由で不正解時の制御を加えないなど、ドリル制御構造をあまり理解していないと思われる事例もあった。

インタビューからは、どんな問題にどのようにドリル制御構造を適用すればよいのかわからないといった指摘があり、ドリル制御構造とスイッチの関係をもう少しわかりやすく提示する必要がある。ただし、スイッチについては何度か使っていけば手を出すかもしれないという意見が示すように、システムを使い込むうちに使えるようになるとも考えられる。また、ドリル制御構造の選択チャートのボタンに気がつかなかったという協力者もいたので、選択チャートを目立つように表示することなどが必要である。

## 6. お わ り に

本研究では、eラーニングにおけるドリル作成の支援を目的として、IDに基づく複数のドリル制御構造を適用したドリルを作成できる統合型ドリルシェル「ドリル工房」を開発した。ドリルの編集、実行、ダウンロード、学習という4つの機能を実装し、特にドリルを簡単に作成できること、ドリル制御構造を学習できることを目指した。既存のドリル制御構造を制御要素

のスイッチという概念を用いて整理し、ドリル制御構造のカスタマイズも可能にした。ドリル制御構造の学習機能として、教材だけでなくアイテムの動きを可視化できるようにした。評価の結果として、ドリルを簡単に作成できること、ドリル制御構造を学習できたことは確認されたが、可視化モードの難解さをはじめとして、いくつか課題が残った。

また、今後は実際にドリルを設置するeラーニング担当者などからの評価も必要である。ドリルは現在、<http://ichi.et.soft.iwate-pu.ac.jp/df/>にて試験的に運用を開始しているので、今後は利用者にフィードバックを受けながら、徐々に改善を進めていく予定である。また、それとは別に、知的技能、QTI、携帯電話への対応などが今後の課題としてあげられる。

## 付 記

本研究は、文部科学省科学研究費補助金若手研究(B)「インストラクショナルデザインの自動化を指向した教材シェルの開発」(課題番号19700644)の一部である。

## 参 考 文 献

- ALESSI, S.M. and TROLLIP, S.R. (2001) *Multimedia for learning*, Allyn and Bacon, Massachusetts
- 藤原康宏, 大西仁, 永岡慶三 (2005) 情報処理入門科目におけるオンライン個別学習システムを利用した授業実践とその効果. 日本教育工学会論文誌, 29(Suppl.): 109-112
- ガニエ, ウェイジャー, ゴラス, ケラー (著), 鈴木克明, 岩崎信 (監訳) (2007) *インストラクショナルデザインの原理*. 北大路書房, 京都
- HALF-BAKED SOFTWARE INC. (2007) Hot Potatoes Version 6.2.4.0 <http://hotpot.uvic.ca/>
- 石塚丈晴, 堀田龍也, 小川雅弘, 山田智之 (2004) 小学生を対象とした PDA を用いた漢字ドリル学習システムの開発. 日本教育工学雑誌, 27(Suppl.): 225-228
- 許紅, 繁樹算男 (1990) 項目反応理論と教授内容の階層的構造表現による問題項目の提示順序の最適化. 日本教育工学雑誌, 14(2): 73-80
- 松浦執 (2006) 初等物理学 e-Learning でのドリル反復学習支援. 日本教育工学会論文誌, 29(Suppl.): 193-196
- MERRILL, M.D., LI, Z. and JONES, M.K. (1991) *Instructional Transaction Theory: An Introduction*.

*Educational Technology*, 31(6) : 7-12

MERRILL, P.F. and SALISBURY, D.F. (1984) Research on Drill and Practice Strategies. *Journal of Computer-Based Instruction*, 11(1) : 19-21

MURRAY, T. (1999) Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10 : 98-129

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, 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

仲林清, 中村明仁, 吉岡俊正, 相良貴子, 加賀田俊, 永岡慶三 (2005) 標準規格に準拠したオンラインテストシステム. 日本教育工学会論文誌, 29(3) : 299-307

SALISBURY, D.F. (1988) Effective drill and practice strategies. In D.H. Jonassen (Ed.), *Instructional designs for micro-computer courseware*. LEA

SALISBURY, D.F. (1990) Cognitive Psychology and Its Implications for Designing Drill and Practice Programs for Computers. *Journal of Computer-Based Instruction*, 17(1) : 23-30

鈴木克明 (1989) テレビ番組による外国語教育を補うドリル型CAIの構築について. 放送教育研究, 17 : 21-37

鈴木克明 (1998) HyperCard 上のドリル教材作成支援

ツールの開発研究～教材設計モデルを用いた評価と使い易さの評価をもとに～. 日本教育工学雑誌, 22(1) : 43-55

THE UNIVERSITY OF IOWA (1999) Drill Designer 2.1  
<http://www.alessiandtrollip.com/>

山口和紀(監修) 于旭, 中村敦司, 新城靖, 西山博泰, 古瀬一隆, 石川佳治, 佐々木重雄, 林謙一, 萩原一隆, 金谷英信, 鈴木孝幸, 黒石和宏 (1992) The Unix Super Text [上]. 技術評論社, 東京

### Summary

We developed an integrated drill shell called "Drill-Factory" for supporting to make effective drills in e-learning. Some drill structures have been proposed by instructional design researchers, which were built into this system, so that users can make various kinds of drills only by entering drill items. The drill structures were analyzed and represented as combinations of drill controlling components, so that customizations can be done to create user-defined drill structures. This system allows users to take their drills to their local environment, once created in the online "Factory". Learning about drill structures were made possible by showing internal processes of controlling each item in a skeleton mode. The evaluation data showed that the users could make drills easily and learned about drill structures. Further issues are discussed regarding some remaining problems.

KEY WORDS: DRILL SHELL, INSTRUCTIONAL DESIGN, E-LEARNING, ID TOOL

(Received December 28, 2007)