

DVD-RAM を用いた情報ランドセルの提案

本池祥子¹⁾ 佐久嶋ひろみ¹⁾ 仲光廣晃¹⁾ 清野正樹¹⁾ 寒河江雅彦²⁾

1) 松下電器産業(株)マルチメディアシステム研究所 2) 岐阜大学工学部

あらまし

学校等での集合学習において、生徒一人ひとりの学習のペースやレベル、好み等の特質に合わせたマルチメディア学習環境を実現するために、「情報ランドセル」というコンセプトを提案する。今回、学習教材として小学生向けの英語教材を用意し、DVD-RAM による「情報ランドセル」を実装して、岐阜市の小学4年生約120名を対象に実証実験を行ない、各生徒にとってよりふさわしい学習教材をより効率的に「情報ランドセル」上に配信する仕組みを検証した。その結果、学習教材の必要度の差を利用して、バックグラウンドプロセスで配信する仕組みを取り入れることで、生徒の学習を休止する影響をできるだけ小さくしながら、効率的に学習教材を配信できることが実証できた。

キーワード

情報ランドセル、集合学習、個人適応、インターネット、DVD-RAM

A proposal of “Information Satchel” by DVD-RAM

Sachiko MOTOIKE¹⁾ Hiromi SAKUSHIMA¹⁾ Hiroaki NAKAMITSU¹⁾

Masaki KIYONO¹⁾ Masahiko SAGAE²⁾

1) Multimedia Systems Research Laboratory, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

2) Faculty of Engineering, GIFU University

Abstract

The authors propose a concept of “Information Satchel”, which provides a personalized learning environment for school children. Each “Information Satchel” acts as a personal container for learning materials adaptively selected for each child based on the status of learning such as progress, maturity, and interests. We implemented an experimental “Information Satchel” system using DVD-RAM, which selects appropriate learning materials and efficiently delivers them to each child. From the result of our system architecture evaluation, we confirmed, by downloading learning materials in a background process based on the necessity level of learning materials, the total cost of the delivery of learning materials could be reduced.

Keywords

Information Satchel, group learning, personalization, Internet, DVD-RAM

1. はじめに

学校等での集合学習において、生徒一人ひとりの学習のペースやレベル、好み等の特質に合わせたマルチメディア学習環境を実現するために、「情報ランドセル」というコンセプトを提案し、各生徒にとってよりふさわしい学習教材をより効率的に情報ランドセル上に配信する仕組みを検証した〔1〕

これまで実現されてきた学習教材のマルチメディア化は、主としてCD-ROMのコンテンツを順次生徒に学習させるといったスタイルで実現されるものが多かった。このため、コンテンツの入れ替えが頻繁には行なえず、また、生徒によるコンテンツ選択の自由度も低かった。学習内容がCD-ROM内に閉じているため、指導者のコメントや指導内容をコンテンツに直接反映させることも不可能であった。

一方、インターネットを併用することで、学習履歴をもとにした指導内容を提供する方式の学習教材が商品化〔2〕されているが、この場合にもCD-ROM上のコンテンツを用いているので、コンテンツの入れ替えが行なえず、また、生徒の学習環境を特定のパソコンに固定化せざるを得ない。

これに対し、我々の提案する「情報ランドセル」とは、生徒一人ひとりが占有することを前提としたポータブルなメディアであり、下記の特徴を持つ。

- ・教材コンテンツや生徒の学習履歴、指導者による指導内容等、その生徒の学習に関する情報のすべてを蓄積しており、その結果、学習環境が変わっても学習を継続できる。
- ・生徒全員の学習履歴を一括管理する仕組みと連携しており、指導者は、学習履歴の分析に基づいた指導を、全体に対して、また、個々の生徒に対して行なえる。
- ・教材コンテンツを一括管理する仕組みと連携し、必要に応じて教材コンテンツの入れ替えや追加が行なわれる。

我々は、このような特徴を実現するためのアーキテクチャを考案し、DVD-RAMによる「情報ラ

ンドセル」を実装して実証実験を行なった。本稿では、「情報ランドセル」のコンセプトとそのアーキテクチャを説明し、実証実験の結果を報告する。

なお、教材コンテンツとしては、小学生向けの英語教材を用いた。実証実験は岐阜市教育研究所にて行ない、岐阜市内の市立小学校4年生3クラスの生徒約120名と教員のかたにご協力いただいた。

2. 情報ランドセル

2.1 情報ランドセルのコンセプト

情報ランドセルのコンセプトを、図1を用いて説明する。

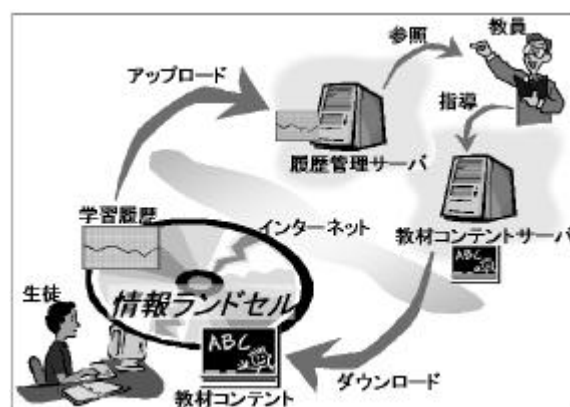


図1 情報ランドセルのコンセプト

図1において、教材コンテンツサーバとは、生徒が使用する可能性のある全ての教材コンテンツや、コンテンツ間の依存関係、コンテンツの選択条件等、教材コンテンツに関わる情報を管理するサーバである。履歴管理サーバとは、全生徒の学習履歴を管理するサーバである。

生徒は情報ランドセルを学校や家庭のパソコンで使用する。生徒の使用する教材は、教材コンテンツサーバより情報ランドセル上にダウンロードされ、これを用いて生徒は学習を行なう。ダウンロードされる教材コンテンツの選択に際しては、過去の学習履歴情報や、生徒の好みに関する情報が用いられる。学習に伴って履歴情報が情報ランドセル上に蓄積され、学習終了時には履歴管理サ

サーバにアップロードされる。

教員は履歴管理サーバに蓄積された全生徒の学習履歴を参照し、教材コンテンツの修正や追加、また、教材コンテンツの選択条件の変更等、広い意味での学習指導を行ない、教材コンテンツサーバで管理されている情報を更新する。

この結果、情報ランドセルによる学習では、次のような効果が得られると期待される。

- ・ 生徒の進捗・レベルや嗜好に応じた教材を随時提供するため、生徒にとって興味深く、また、無理のない学習が行なえる。
- ・ 学習に必要な情報がすべて情報ランドセル内に蓄積されているため、場所と時間を問わず学習を継続できる。
- ・ 教員の指導内容が教材コンテンツやその選択条件に反映されるため、個々の生徒に対するきめこまかい指導を行なえる。

このようなコンセプトの「情報ランドセル」を実現するにあたって、生徒にとってよりふさわしい学習教材をどのように決定すれば良いか、また、その学習教材をどのようなタイミングで情報ランドセル上にダウンロードするのが良いかという課題がある。我々は、この課題を解決するためのアーキテクチャを考案し、「コンテンツ送配信アーキテクチャ」と名づけた。次節では、情報ランドセルの持つべき基本機能とその実装について説明し、コンテンツ送配信アーキテクチャの概要を実装との関連において述べる。

2.2 情報ランドセルの機能

情報ランドセルの基本機能を下記に示す。

- (a) 所有者の識別
個々の情報ランドセルを正しく識別し、生徒との対応関係を取る。
- (b) 使用者の認証
情報ランドセル使用者が正当な所有者であるかどうかを認証する。
- (c) 学習教材の特定とダウンロード
使用する教材コンテンツのありかを示す記述を持ち、実際に教材コンテンツにアクセスできる。教材コンテンツの更新や追加に関する情報を教材コンテンツサーバに記述でき、必要に応じてダウンロードも行なう。
- (d) 学習教材の選択条件と必要度記述

教材コンテンツの必要度を教材コンテンツサーバに記述でき、生徒毎にどの教材をいつダウンロードするかを判断できる。

- (e) 学習履歴の蓄積とアップロード
情報ランドセル上に学習履歴を蓄積し、また、履歴管理サーバに対して個々の学習履歴をアップロードできる。

これらの機能を実現するため、情報ランドセルとして DVD-RAM を用いた実験システムの構成の概要を図2に示す。

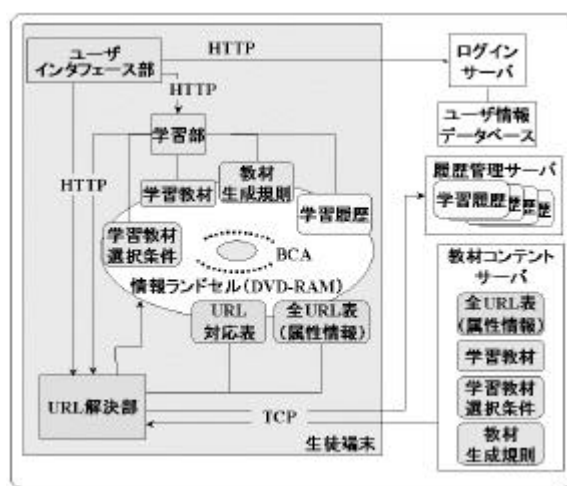


図2 実験システムの構成

本実験システムにおける情報ランドセルの各機能の実装について、簡単に説明する。

- (a) 所有者の識別
DVD-RAM は書き換え可能なディスクであるが、ディスクの最内周に改ざん不可能な記録領域を持つので、この領域に識別番号を記録することで所有者を識別する。この記録領域はBCA(Burst Cutting Area)と呼ばれている。
- (b) 使用者の認証
BCAに記録された識別番号を、パスワードと対してユーザー情報データベースで管理し、情報ランドセルの使用時にはログインサーバにてログインを行なう。
- (c) 学習教材の特定とダウンロード
生徒端末上で動作する「URL解決部」の機能として実現される。
教材コンテンツは複数のファイルで構成される。これらのファイルすべてにURLを与え、情報ランドセル上に存在しているファイルとの対応表(URL対応表)を用いて教材を特定する。

また、教材コンテンツサーバで管理している全 URL の情報（全 URL 表）との比較を通して教材コンテンツサーバ上のファイルの更新や追加を検知し、特定された教材の更新が必要な場合には、情報ランドセル上に再度ダウンロードする。

- (d) 学習教材の選択条件と必要度記述
複数の学習教材からどれを選択すべきか、またそれはすぐに必要か等の情報を生徒の学習履歴や好み等の条件を組み合わせることで記述し、学習教材選択条件として教材コンテンツサーバ上に置く。学習教材選択条件自体も学習教材と同列に扱われ、情報ランドセル上にダウンロードされる対象となる。
後述するとおり、学習履歴は情報ランドセル上に記録されており、生徒端末上で動作する「学習部」が学習教材選択条件を学習履歴に適用し、また、直接生徒に好みを聞くことによってどの学習教材を選択するかを決定する。

- (e) 学習履歴の蓄積とアップロード
「学習部」は学習履歴を XML で記述して情報ランドセル上に蓄積する。学習の切れ目や終了時には「URL 解決部」に対して学習履歴のアップロードを依頼し、その結果生徒全員の学習履歴が履歴管理サーバに蓄積される。

「URL 解決部」が学習教材をダウンロードするタイミングは、その学習教材がすぐに必要かどうかの情報を基に決まる（「(d) 学習教材の選択条件と必要度記述」の機能）。すぐに必要である場合にはダウンロードが終了するまで生徒を待たせねばならないが、そうでない場合にはダウンロードを遅延して、生徒が他の操作を行なっている間にダウンロードが終了すれば良く、結果的に全体としてのダウンロード待ち時間を減らすことができる。この仕組みを「コンテンツ送配信アーキテクチャ」と呼ぶ。

コンテンツ送配信アーキテクチャにより、情報ランドセルの特徴である「教材コンテンツの入れ替え・追加」を実現するにおいて、生徒の負担（ダウンロードの待ち時間）が少なくなり、「生徒の進捗・レベルや嗜好に応じた教材を随時提供する」という効果を無理なくあげられると期待される。

今年度は、実証実験授業を通して得られるログデータと生徒へのアンケートをもとに、コンテンツ送配信アーキテクチャの実効に対する評価を行

なったので、以下、その詳細について述べる。

3 . コンテンツ送配信アーキテクチャ

個々の生徒の学習進捗やレベル、学習の深まりはそれぞれであり、各生徒にとってよりふさわしい教材をより効率的に配信して、学習教材選択の最適化と、学習教材ダウンロードの最適化をはかることがコンテンツ送配信アーキテクチャの目的である。

今回の実験システムでは、どの生徒にも必要な基本的な学習教材はあらかじめ DVD-RAM 上に置いておき、学習途中に表示されるアンケートへの生徒の答をもとに、生徒のレベルや嗜好に基づく学習教材を逐一 DVD-RAM 上にダウンロードするものとした。ダウンロードのタイミングは各学習教材の必要度（「すぐ必要」、「あとで必要」のいずれか）によって決める。

図 3 にコンテンツ送配信アーキテクチャに基づく学習教材の選択とダウンロードの例を示し、これに基づいて同アーキテクチャの詳細を説明する。なお、学習教材の具体的な構成については本章では説明を省略するので、付録を参照されたい。

3 . 1 学習教材選択の最適化

今回の実験システムでは、各生徒にとってふさわしい学習教材を選択するために、学習の途中で生徒に対してさまざまな問いかけ（アンケート）を行なって、生徒のレベルや嗜好などを把握している。学習教材にバリエーションがある場合には、その結果をもとに表示する学習教材を決定する。

図 3 に、今回用いた英語学習教材における教材選択の条件と教材のバリエーションについて示した。学習教材選択条件に記述されているとおり、生徒が条件 1 に相当する場合をデフォルトの状態とする。このため、「サファリ編標準基礎」「サファリ編標準応用」の二つの教材はあらかじめ DVD-RAM 上に置いておき、まずはすべての生徒が「サファリ編標準基礎」を学習する。このあと、ユーザインタフェース部が行うアンケートの結果

に基づき、生徒のあてはまる条件を修正する。仮に条件3にあてはまる場合には、「ストア編標準基礎」がすぐに必要であり、「ストア編標準応用」があとになって必要な学習教材であるということが分かる。条件の修正は「基礎」の学習、すなわち「サファリ編標準基礎」「サファリ編低速基礎」「ストア編標準基礎」「ストア編低速基礎」のいずれかの学習が終わるたびに行なわれる。

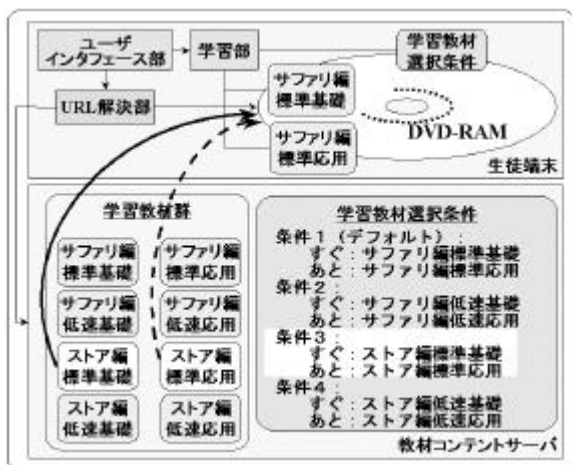


図3 学習教材選択・ダウンロードの例

学習教材選択条件自体も教材コンテンツサーバで管理されており、URL 解決部が必要に応じてDVD-RAM上にダウンロードしている。このため、教員は条件の追加や修正などを、学習内容に関する指導の一つとして行なえ、結果として生徒にとってよりふさわしい学習教材を提供できる。

3.2 学習教材ダウンロードの最適化

選択された学習教材には、それがすぐに必要なものかどうかが必要度として示されている。図3の例でいうと、条件3の場合、「ストア編標準基礎」はすぐに必要であるが、「ストア編標準応用」はそうではない。従って、教材コンテンツサーバよりこれらの学習教材をダウンロードするにあたっては、「ストア編標準基礎」のダウンロードは終了するまで生徒に待たせておき（明示的ダウンロード）、「ストア編標準応用」のダウンロードは「ストア編標準基礎」を生徒が使用している間にバックグラウンドプロセスとして行なえば良い（バックグ

ラウンドダウンロード）。

このように、いずれ必要になると分かっている学習教材のダウンロードを遅延してバックグラウンドで行なうことにより、学習教材のダウンロードを効率化できる。

4. 実証実験の結果と評価

実証実験は、岐阜市教育研究所内に設置されている検証端末を用いて行なった。図4に岐阜市教育研究所に設置されている実験システムのネットワーク・ハードウェア構成を示す。

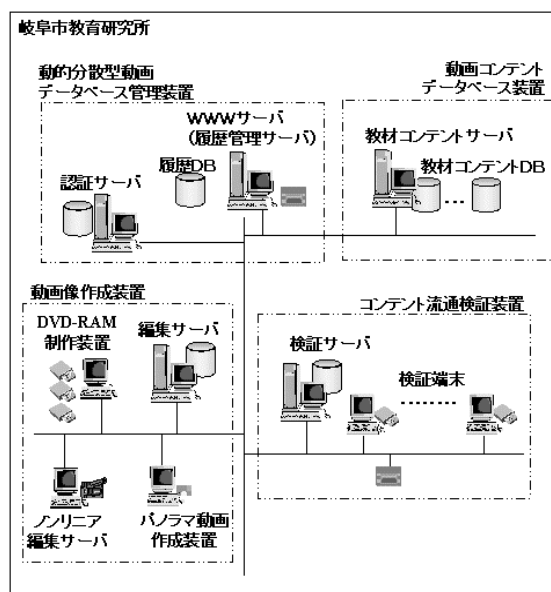


図4 岐阜市教育研究所のシステム構成

協校校の生徒には、クラスごとに「総合的学習の時間」を利用して岐阜教育研究所まで移動の上、実証実験に参加してもらった。

評価に用いるログデータは、生徒の学習の進行に伴って履歴管理サーバに蓄積される。また、全5回の授業のうち、初回・最終回の授業において書面によるアンケートを実施し、評価に用いた。

なお、今回の実験では、学習教材選択条件を

- (a) 英語がききとれたかどうか
- (b) 学習教材は「どうぶつ」が良いか

の二つの条件を組み合わせた結果得られる4つとした。表5に、図3の条件1から条件4がどの組み合わせによるものかを示す。条件ごとの学習教

材については図3を参照されたい。

表5 学習教材選択条件

		えいごがききとれたか	
		ききとれた	ききとれない
い な か い も の つ が い や	ぶ ど う	条件1	条件2
	の な つ ど い じ う も や ぶ	条件3	条件4

今回は学習教材選択条件を表5で示したような生徒への直接的な問いへの答によって構成したため、選択された学習教材が生徒にとって最適であったかどうかの評価は行なわず、学習教材のダウンロードが効率的に行なえたかどうかの評価のみ行なった。

以下、実験結果とその評価について順に述べる。

4.1 実験結果

英語学習教材は、図3でも示したとおり、複数のバリエーションがあり、一部の学習教材のみあらかじめDVD-RAM上に置かれ、その他は途中に示される条件選択の結果に応じてダウンロードされる。表6に各学習教材のサイズを示した。表中、「サファリ編標準基礎」「サファリ編標準応用」の二つがあらかじめDVD-RAMに置かれている学習教材である。また、網掛けした学習教材は、バックグラウンドでダウンロードされるものである。

表6 英語学習教材のサイズ(単位: MByte)

学習教材名	サイズ
サファリ編標準基礎	5.31
サファリ編標準応用	2.35
サファリ編低速基礎	6.12
サファリ編低速応用	2.33
ストア編標準基礎	5.53
ストア編標準応用	2.69
ストア編低速基礎	6.55
ストア編低速応用	2.74

表7に、ダウンロードが発生した生徒毎に、学習教材毎のダウンロード時間を実測した結果を示す。表中、背景をグレーにしている部分はバックグラウンドでダウンロードされてい

る学習教材に関する個所である。これらは、生徒が「基礎」の学習を行なっている間にダウンロードされる。¹

表7 ダウンロード時間実測値(単位: 秒)

条件遷移	ダウンロード順序	生徒	(1)	(2)	(3)	(4)
条件1 条件2	(1)サファリ編低速基礎 (2)サファリ編低速応用	A	25	27		
		B	26	28		
		C	27	25		
		D	27	27		
		E	31	28		
条件1 条件3	(1)ストア編標準基礎 (2)ストア編標準応用	F	28	24		
		G	28	26		
		H	29	25		
条件1 条件3 条件4	(1)ストア編標準基礎 (2)ストア編標準応用 (3)ストア編低速基礎 (4)ストア編低速応用	I	27	26	27	25
		J	28	23	28	25
		K	25	25		
		L	26	26		
条件1 条件4	(1)ストア編低速基礎 (2)ストア編低速応用	M	27	25		
		N	27	27		
		O	27	28		
		P	27	29		
		Q	28	29		
		R	26	27	28	27
条件1 条件4 条件3	(1)ストア編低速基礎 (2)ストア編低速応用 (3)ストア編標準基礎 (4)ストア編標準応用	S	26	32	41	28

また、表8には生徒に対して実施した書面によるアンケート結果のうち、ダウンロードの待ち時間に関連する部分を抜粋して示す。この問いは、条件が遷移してダウンロードが発生した生徒にのみ行なった。

4.2 評価

学習教材の選択条件が「条件1 条件3 条件4」、あるいは「条件1 条件4 条件3」のように遷移したのち「応用」の学習を行なう場合には、ダウンロードしても実際には使用せずに終わる学習教材が存在する。たとえば、「条

¹ 「基礎」の学習が終わった時点でユーザインタフェース部が行なうアンケートにおいて生徒が「応用」の学習に進む意思表示を示すと、そのときの生徒の条件に応じて、「応用」の学習教材、すなわち「サファリ編標準応用」「サファリ編低速応用」「ストア編標準応用」「ストア編低速応用」のいずれかが開始される。

件1 条件3 条件4」のように条件が遷移して「応用」の学習を行なう場合、学習教材としては「ストア編低速応用」が用いられ、既にダウンロードした「ストア編標準応用」は用いられない。このように、不要な学習教材をダウンロードしてしまう可能性もある。しかし、これら「応用」の学習教材をダウンロードしている間は「基礎」の学習教材を用いた学習時間に当てられており、生徒にとっては「応用」の学習教材をダウンロードする時間は意識されない。すなわち、学習教材の必要度に応じてダウンロードの手法を変えることで、本来ダウンロードに要する時間の一部をあたかも省略でき、効率的な学習教材の配信を実現できる。特に今回の実証実験で用いた学習教材は、生徒が考えながらゆっくり操作するものであったため、バックグラウンドで動く他プロセス(ダウンロードプロセス)の影響を受けにくく、より効果的であったといえる。

表8 ダウンロードに関するアンケートの結果

明示的ダウンロードの実行時間について		バックグラウンドダウンロードで得られたコンテンツの表示時間について	
選択肢	回答者数	選択肢	回答者数
時間が掛かりすぎてもう待てないと思った	2	時間がかったとおもう	1
		時間がかったとはおもわない	0
		未回答	1
ずいぶん時間がかかったけれど、そんなに気にならなかった	4	時間がかったとおもう	2
		時間がかったとはおもわない	1
		未回答	1
ぜんぜん気にならなかった	12	時間がかったとおもう	2
		時間がかったとはおもわない	9
		未回答	1

一方、表8からは、生徒は必ずしも長い時間をダウンロードのために待たされたとは感じていないという結果が得られている。今回の実験システムでは、明示的ダウンロードの際にはユーザインタフェース部でアニメーションを表示するという機能を導入したため、このような結果が得られたものと考えられる。

なお、条件が遷移してダウンロードが発生したケースは19名分であり、実証実験に参加した生徒の総数(約120名)に対して6分の1であった。多くの生徒が条件選択の場面において「どうぶつがいい」「えいごがききとれた」を選択した結果であり、デフォルトの学習教材(「サファリ編標準基礎」)に対する生徒のレベルの適合度・嗜好度が高かったものと考えられる。

5. まとめ

生徒の学習進度やレベル、好み等の特質に合わせたマルチメディア学習環境を実現する「情報ランドセル」のコンセプトを提案した。DVD-RAMを用いた情報ランドセルの実証実験システムにおいては、学習教材の配信時に、その必要度の差を利用して、バックグラウンドプロセスでダウンロードする仕組み(コンテンツ送配信アーキテクチャ)を取り入れることで、生徒の学習を休止する影響をできるだけ小さくしながら、効率的に学習教材の配信を行なえることを実証した。

本稿では、学習教材配信の最適化について述べたが、今後は学習教材選択の最適化についての評価を行なう予定である。

なお、本研究開発は、「特定公共電気通信システム開発関連技術に関する研究開発の推進に関する法律」(平成10年5月6日公布)に基づいて、通信・放送機構において実施される文部省と郵政省(平成10年当時;現在は文部科学省と総務省)の連携による研究開発プロジェクトのうち、「学校における複合アクセス網活用型インターネットに関する研究開発」のシステム構築技術(ネットワークアーキテクチャ)に関する研究開発の一部として、「動的分散型動画データベースにおける流通管理ネットワークアーキテクチャの研究開発」として行なわれた。

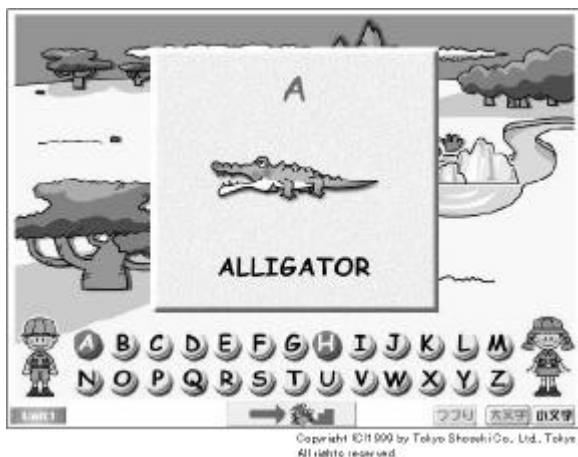
付録

今回の実験システムで用いた英語学習教材の概

要について補足する。

教材は単元1から単元5までの5つに分かれており、一回の授業で一つの単元を学習する。各単元はすべて「基礎」の学習の後に「応用」を学習するという共通の構成となっている。本文中で例に引いたのは単元1であるので、以下、単元1の説明を中心に説明する。

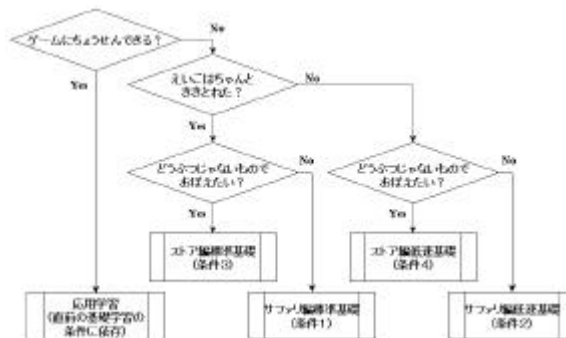
図Aは、単元1の基礎学習教材の一つである「サファリ編標準基礎」において、生徒が「A」のボタンをクリックした直後の画面である。画面の下にあるAからZのボタンをクリックすると、各文字で始まる動物（図Aの場合にはAlligator）の単語の発音が聞こえ、同時にその絵が表示される。また、その動物が背景の草原の絵に出現する。AからZまでのボタンを1回以上クリックして、すべての単語の発音を聞くことが基礎学習の目標である。基礎学習教材としては、他に「サファリ編低速基礎」「ストア編標準基礎」「ストア編低速基礎」があり、共通の学習目標を持つ。



図A 単元1「サファリ編標準基礎」の画面

なお、「標準」と「低速」の違いは、英単語の発音の速度だけであり、表示されるアニメーションは共通である。「サファリ編」は図Aに示したように動物を中心としたコンテンツであり、「ストア編」はお店で売っている品物（食品や雑貨など）を中心としたコンテンツである。

基礎学習が終了すると、学習内容に対する生徒への問いかけが行なわれる。この結果により、応用学習へ進むか、あるいは再度基礎学習を行なうかが決まる。図Bに問いかけの内容と学習の進む方向についてフローチャートで示す。図中の「条件1」から「条件4」とは、本文中で説明した各条件に相当する。



図B 生徒への問いかけと条件決定のフロー

「ゲームにちょうせんできる?」の問いかけにおいてYesと答えた場合のみ、各条件に対応する応用学習教材が表示される。単元1では、3回のゲームを1セットとして、全部で3セットのゲームを応用学習として行なう。たとえば「サファリ編標準応用」では、動物の単語の発音が聞こえるので、その動物がどれかを当てる（草原にいる動物をどれか一つクリックする）というゲームである。正解数によって、「よくできました」「おいしい」「ざんねん」のいずれかのアニメーションが表示され、生徒は再度ゲームに挑戦するかどうかを選択できる。

単元2は数字の言い方、単元3は身につけるもののなまえ、単元4は親族の言い方・職業のなまえ、単元5は街にある建物のなまえを教材としており、身近なものを中心にして小学生が英語に親しむことを目的とした学習教材である。

なお、単元1から単元4の内容は、東京書籍株式会社殿発行・出版の「Say Hello!」[3]をベースに作成したものである。

参考文献

- [1] 通信・放送機構, 「平成12年度 学校における複合アクセス網活用型インターネットに関する研究開発 ネットワークアーキテクチャ研究開発報告書」, 2001
- [2] 小学館オンライン学習システム「ドラネット」体験版ホームページ, <http://www.doronet.ne.jp>
- [3] 東京書籍株式会社「Say Hello!」, <http://www.tokyo-shoseki.co.jp/edu/sayhello/sayhello.htm>