

機関番号：32692

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20500847

研究課題名 (和文) 学習者特性モデルに動的に適應する電子ブックの研究開発

研究課題名 (英文) Development and Evaluation of a Hyper-Book Adaptive to Learner Model

研究代表者

稲葉 竹俊 (INABA TAKETOSHI )

東京工科大学・メディア学部・教授

研究者番号：10386766

研究成果の概要 (和文) : Web などのハイパーメディアを用いた探求学習においては、「習熟度に合った情報が提示されない」「ハイパースペースで迷子になる」「取得情報に一貫性がない」「知識定着の自己確認ができない」などの問題がしばしば指摘されている。本研究ではこのような諸問題を解決し、効果的な探求学習の支援を行うため、書籍メディアの長所を継承したハイパーメディアシステムとして、昆虫に関する電子図鑑を考案・開発し、その評価実験を行った。その結果、リンクにより複雑に連結し合うハイパーメディア教材であっても、閲覧ログの表示や確認問題を通じた可變的なナビゲーションなどの仕組みにより、探求学習を支援するのに一定の効果があることが示唆された。

研究成果の概要 (英文) : Inquiry-based learning with the use of hypermedia like the Web often poses a number of problems: inadaptability of presented information to learner's existing knowledge level, disorientation in hyperspace, inconsistency of gathered information, difficulties in self-checking one's own knowledge retention, etc. To solve these problems, we have developed and evaluated an adaptive hyper-encyclopedia of insects, which incorporates some features of traditional textbooks. The results of evaluation indicate that functions such as display of learning history and dynamic navigation may support inquiry-based learning with mutually interlinked hypermedia learning materials.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：学習支援

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：学習者特性、ユーザモデル、電子ブック、教育工学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、インターネットの普及とともに e ラーニングをはじめとする ICT を利用した学習形態が様々な教育の場で広がりを見せている。しかし、既存の e ラーニングシステムの多くは、全ての学習者に対して同一の教材を画一的に配信する段階にとどまっており、

学習者により異なる「学習目的」「学習スタイル」「習熟度」などの学習者特性に適應する学習コースの提供が e ラーニングサービスの大きな課題となっている。この課題克服の手段として、1990 年代以降、欧米を中心に適應型ハイパーメディアシステム (Adaptive Hypermedia System, AHS) の研究開発が

盛んに行われてきた。AHS では、利用者の学習目的や学習スタイル、習熟度や経験などのデータからユーザモデルを随時構築・更新し、その蓄積されたモデルに基づいてナビゲーションや教材内容を動的に生成することで学習者特性への適応を実現している。

一方、ICT を利用した学習の一つにハイパーメディアを用いた探求学習がある。探求学習は学習者に結論を与えるのではなく、学習者自身が主体的に学習課題について調査・分析を行う学習方法で、問題解決能力の向上を促す効果があり、Web を用いる方法が一般的である。しかし、この探求学習では、「習熟度に合った情報が提示されない」「ハイパースペースで迷子になる」「取得情報に一貫性がない」「知識定着の自己確認ができない」などの問題がある。なお、ここでいう書籍メディアの長所とは、章・節・項などの情報の構造化に基づく知識の階層性が明快で、その記述に一貫性があることを意味する。

なお、実装する学習課題に関しては、AHS の機能が十分に活用されるために、知識レベルや学習目的などの特性が学習者間で多様なものである必要があり、本研究では「昆虫」を取り上げた。また、ハイパーメディアにおける探求活動の自由度を保障しつつ、書籍メディアの長所を活かし、さらには豊富な視覚情報を提供するために、「図鑑」という形式を採用することとした。

## 2. 研究の目的

以上を踏まえ、本研究では、これら探求学習の問題を解決するために、書籍メディアの長所を継承したハイパーメディアシステムとして、学習者特性適応型電子図鑑を考案・開発し、その評価を行うことを目的とした。

なお、本研究で構築する AHS は、学習者の様々な特性や興味趣向に適応する仕組みやシステムのことであるが、1990 年代頃から欧米を中心に盛んに研究が行われてきた。しかし、日本では AHS に関する研究事例は少なく、本研究で取り上げる電子書籍/電子図鑑を扱った応用研究は皆無に等しい。本研究を始めるにあたり、いくつかの先行研究を参照した。

まず、AHS 研究の第一人者である Peter Brusilovsky らの行った学習者適応型の電子教科書のオーサリングシステムに関する研究を検討した。しかし、この研究では書籍としての利点を活用するようなデザイン上の工夫や技術的な配慮はなく、既存の教科書や電子書籍を素材に AHS を簡易に構築するオーサリングツールとしての開発に重点がおかれている。書籍としての利点に着目し、「読み」や「調べ」のための AHS として電子書籍を開発した研究としては、Tom Murray の

適応型電子書籍オーサリングツールの MetaLinks がある。この研究は、書籍としての記述の一貫性や対象となる学習項目の階層性を維持するために AHS を適用している点、ハイパーリンクによるナビゲーションを円滑に行うためのユーザインタフェースを提供している点などにおいて、きわめて重要である。しかし、学習者特性をモデル化する際におおむね学習履歴データのみに基づいている点において、AHS が本来持っている適応機能が十分に活用されているとはいえない。

これらの先行研究をふまえ、本研究は学習履歴ではなく、学習者の知識レベルや学習目的などに応じてナビゲーションが適応する機能を実装しつつ、書籍としての長所を併せ持つ電子図鑑を開発する。

## 3. 研究の方法

(1) 開発した電子図鑑「昆虫図鑑」は、70 種の昆虫に関する情報を扱っており、対象は広く一般の人であるが、昆虫について学校で初めて学習する小学 4 年生以上を推奨している。教材 (図 1) は、各昆虫についての基本情報を扱うページと詳細に解説したページ、さらには関連した情報を扱うページによって構成され、各学習ページは互いにリンクで結ばれている。



図 1 教材画面

(2) 本研究では学習者特性として「学習目的」「学習スタイル」「習熟度」を取り上げる。そして、1 で言及した探求学習における諸問題を解決するため、教材に以下の 4 つの機能を実装する。

- 機能 1 学習者特性への適応
- 機能 2 情報空間内での迷子防止
- 機能 3 取得情報の一貫性の保持
- 機能 4 知識定着の自己確認

これらの機能を実装するために、いくつかの仕様を設けた。この仕様の概念図を図 2 に、機能との関連を表 1 に示し、以下それについての詳細を記す。

①モード選択：図鑑モードと学習モード  
学習者特性である学習スタイル・習熟度の違いに適応するために、「図鑑モード」と「学習モード」を搭載した (図 2 ①)。個々の学習スタイルに応じて二つのモードのいずれかを選択することができる。

図鑑モードでは、AHS による学習順序の制御がなく、70 種の昆虫に関する全ての情報を学習者は自由に閲覧できるようになっている。一方、学習モードでは、学習項目ごとに設けた確認テストの成績に基づいて適応ナビゲーションを生成することで、学習者の学習順序を制御し、習熟度に応じた学習コースをデザイン・提供している

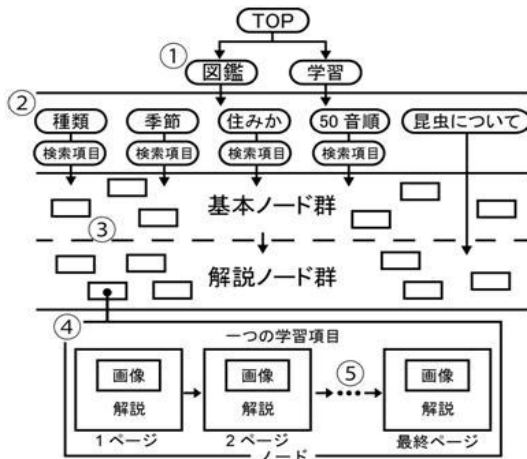


図2 仕様の概念図

表1 機能と仕様の関係

仕様	機能1	機能2	機能3	機能4
モード選択	○			
可変的教材構造	○			
ナビゲーション		○	○	
トピックパス		○		
済マーク		○		
確認テスト	○			○

②可変的教材構造：本研究では、一つの学習項目を構成する単数または複数のページの集合をノードと呼ぶ（図2④）。本教材は主にノードによって構成されていて、決まった教材構造を持たない。しかし、学習者の目的や興味に応じて選べるように用意された5つのカテゴリー（種類・季節・住みか・50音順・昆虫について）（図2②）を選択すると、それに応じてノードの構成順序や階層性が組み変わり、学習者の学習目的に応じた学習項目を提示できる仕組みになっている。

③ナビゲーション：教材を構成するノードに

は、基礎的な知識を扱う「基本ノード」とそれに付随する詳細な知識を扱う「解説ノード」の2種類があり（図2③）、階層を形成している。これらのノード間のナビゲーションは取得情報の一貫性を保つために様々な制御を行っている。ノード内は「進むボタン」によって先のページへ順次移動していくが（図2⑤）、最終ページに達すると最初のページに直接戻ることができるようになる。次に、ノード間の遷移についてであるが、基本ノード間は自由に行き来できる。一方、解説ノード間はそこでの学習が完了すると、それに関連する他の解説ノードへのリンクが解放され、さらなる学習が可能となる（図3①C⇔D）。また、基本ノードと解説ノード間も同様に、基本ノードの学習が完了するとそれに付随する解説ノードへと遷移できるようになる（図3①A⇔C）。しかし、解説ノード間を行き来しても、それと関連づけられている基本ノードへは事前にそこでの学習が完了していない限りリンクは解放されない（図3②）。これらの制御によって、情報空間内での迷子が防止され、取得情報の一貫性の保持が可能となっている。

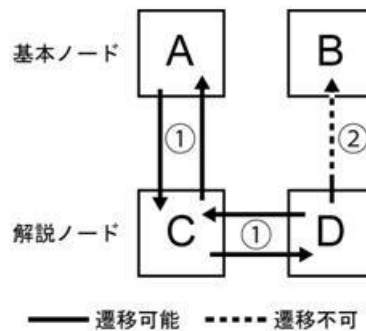


図3 Aを起点としたノード間の遷移

④トピックパス・済マーク：ナビゲーションとは別に、情報空間内での迷子を防止するため「トピックパス」と「済マーク」を設けている。トピックパスは学習者がどのような学習経路を辿って現在閲覧しているページに至ったかが表示される仕組みで、済マークは一度でも閲覧したことがあるノードに「済」というマークが表示される仕様のことである。これらにより、学習者自身が図鑑内のどこにいるのか、どの項目を学習したのかが確認できるようになり、情報空間内での迷子を防止し、図鑑を効率的に読み進めることができる。

⑤確認テスト：知識定着の自己確認機能を実装するため、学習モードでは解説ノードに確認テストを設けている。ナビゲーションのところでも述べた「学習の完了」は、この確認テ

ストの成績に基づいており、正解率が2/3以上の場合に完了とみなされ、逆に正解率が2/3未満の場合はその解説ノード内で再度学習を行うことになる。また、この確認テストの結果によりリンクを制御し、学習者特性の一つである習熟度への適応を実現している。なお、教材はデータベースと連携しており、提示情報の更新や学習履歴の保存が個別に管理できるようになっている。そのため、一度学習を完了したノードは、その後確認テストを繰り返し受けずに済むようになっている。

#### 4. 研究成果

(1) 形成的評価の位置づけで、予備実験を実施した。被験者は群馬県立 K 高校の生徒 18 名で、学習モードでチョウ目とコウチュウ目のいずれかを選択し、40 分間の探求学習を行った。またその後、事後アンケートを実施した。アンケート結果では、興味や目的に合わせて十分に学習できた被験者が約 80%を占めたことから、学習者が個々のニーズに合わせて教材を使用することができたと推察される。また、基本ノードと解説ノード間の繋がりは自然であったと 80%以上が肯定的な回答を示したことから、取得情報の一貫性を保つことができたといえる。さらに、ミニテストや確認テストが知識定着に役立ったと 90%以上が回答していた。

しかし、使用中に図鑑内で迷子になったと感じた生徒が 10%以上いた。その要因として、学習者が情報空間内のどこにいるのかを把握する指標が不足していたことが考えられ、この改善のためトピックバスを付加した。また、予備実験ではデータベース上に学習者の学習履歴を保存し、分析を行った。その結果、同階層のノード間を行き来する傾向が顕著なタイプ（約 90%）と基本ノードから階層を降りて詳しい解説ノードへと進む傾向が顕著なタイプ（約 10%）の二つに分かれた。このように学習スタイルに偏りが見られた要因として、教材の構造や機能の説明不足、習熟度の変化に伴う提示情報の更新を知らせるデザインの不備等があると考えられた。そのため本実験に向けて、説明不足の解消のためにヘルプ機能を設け、ナビゲーションの不備の改善のために済マークの付加やインタフェースの改良を行った。

(2) 総括的評価の位置づけで、本実験を実施した。被験者は東京工科大学の学生 20 名で、実験の所要時間は 1 時間である。

被験者にはあらかじめ昆虫に関する知識レベルを測るためのアンケートを行い、それに基づいて知識レベルに偏りがでないよう均質に A グループ（統制群）と B グループ（実験群）各 10 名ずつに分けた。二つのテーマ

(1. 冬に活動する昆虫, 2. ハチ目の昆虫) について、A グループは Web と本教材の図鑑モードで、B グループは本教材の図鑑モードと学習モードで、それぞれ 30 分 (1 テーマ 15 分×2) の探求学習を行った。また、教材を使用する前後に、テストとアンケート (5 段階評点) を実施した。各グループの具体的な実験の流れは以下のようになっている。

##### ・A グループ

Web によるテーマ 1 の学習 (15 分)  
→Web による学習に関するアンケート  
→事前テスト  
→図鑑モードによるテーマ 2 の学習 (15 分)  
→事後テストと図鑑モードに関するアンケート

##### ・B グループ

事前テスト  
→学習モードによるテーマ 2 の学習 (15 分)  
→事後テスト  
→図鑑モードによるテーマ 1 の学習 (15 分)  
→学習モードと図鑑モードに関するアンケート

(3) 本実験では、研究目的に基づき、以下の 3 つの視点で 4 つの機能の検証を行った。

1. A グループのアンケート結果に基づき、Web を用いた学習と教材を用いた学習での取得情報の一貫性等を比較
2. A・B 両グループのアンケート及び事前・事後テストの結果に基づき、知識の定着度を比較
3. A・B 両グループの学習履歴とアンケート結果に基づき、学習スタイルを比較

(4) 4 つの機能の検証結果について記す。

①機能 1 の検証：「自分の興味に合わせて図鑑を使用できたか」という質問に対し、A・B 両グループ全ての学習者が「強くそう思う」もしくは「そう思う」と肯定的な回答をした。また、「自分の目的に合わせて図鑑を使用できたか」という質問に対し、95%が目的に合わせた学習ができたと肯定的な回答をした。さらに「調べたい内容に適した情報が得られたか」という質問に対しては 80%が適した情報を得ることができたと回答した。これらの結果から、本教材は学習者の興味・目的やニーズなどの特性に、ある程度適応できたのではないかと考えられる。

また、学習者特性の一つである学習スタイルについて適応できたかを検証するため、図鑑モードと学習モードの両モードを使用した B グループの被験者に、「図鑑モードと学習モードのどちらが自身に向いているか」と質問したところ、「両方向いている」が 70%、「図鑑モードのみ向いている」が 20%、「学習モ

ードのみ向いている”が10%，“どちらも向いていない”が0%という結果であった。この“図鑑モードのみ向いている”と回答した学習者は、学習モードの確認テストによる学習順序の制御にストレスを感じたのではないかと考えられたため、さらにアンケートで尋ねたストレスの有無とモードの向き不向きの相関について調べたが、その相関は確認されなかった ( $\chi^2 = 6.56, df = 12, p > .05$ )。

②機能2の検証：「教材を使用してトピックパスと済マークの存在に気づいたか」という質問に対し、大部分の被験者が存在に気づいたと回答している。また、「トピックパスや済マークが自身のいる場所を確認するのに役立ったか」という質問に対し、済マークは80%が肯定的な回答であったものの、トピックパスは肯定的な回答と否定的な回答に評価が分かれた(図4)。このことから、少なくとも済マークが情報空間内の迷子防止に有効であったといえる。

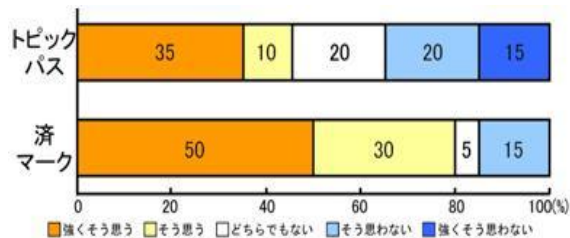


図4 トピックパスと済マークのアンケート結果

③機能3の検証：「基本ノードと解説ノード間、解説ノード同士、それぞれの繋がり自然であったか」という質問に対し、いずれの繋がりについても肯定的な回答が70%以上であった。また、「ページを移動した際、学習内容の繋がりがあると感じたか」という質問に対しても肯定的な回答が75%を占めた。一方、「書籍のような感覚で学習することができたか」という質問をしたところ、Webによる探求学習を行ったAグループでは肯定的な回答が30%であったのに対し、本教材の学習モードによる探求学習を行ったBグループでは80%であった(図5)。このことから取得情報の一貫性を保持する機能は有効であったといえる。

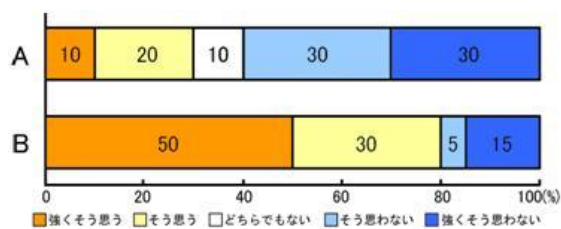


図5 取得情報の一貫性に関するアンケート結果

④機能4の検証：表2は、AグループとBグループそれぞれの事前・事後テストの平均点の結果である。A・B両グループとも事前に比べ事後の点数が上昇しているが、事前と事後の平均点の相違を5%水準のt検定で調べたところ、両グループに有意な傾向は見られたものの、大きな差異は確認されなかった。データ上はAグループに有意差なし( $p = 0.0526 > .05$ )、Bグループに有意差あり( $p = 0.0498 < .05$ )となったが、この僅差において、知識定着の自己確認機能として設けた確認テストを利用したBグループに有意な学習効果があったとはいえない。

表2 事前・事後テストの平均点

グループ	事前	事後
A	5.1 (SD = 0.994)	6.0 (SD = 1.333)
B	5.1 (SD = 1.449)	6.3 (SD = 1.636)

(5) 保存された学習履歴を分析した結果、予備実験のときと同様に、同じ階層を行き来する傾向が顕著なタイプと一つの基本ノードから階層を降りて詳しい解説ノードへと進む傾向が顕著なタイプの二つに分かれた。しかし、予備実験においては前者が約90%、後者が約10%と大きく偏っていたが、本実験では前者が約60%、後者が約40%と偏りに大きな改善が見られた。このことから、予備実験後に行った提示情報の更新を知らせるナビゲーションやインタフェース、ヘルプ機能の追加等の改善が、学習者の教材の使用法の理解を助け、教材を円滑に活用することができたと考えられる。

(6) 以下、本研究の総括を行う。

①まとめ：本研究では、探求学習の際に生じる諸問題を解決するために書籍メディアの長所を継承し、さらにAHSの手法を導入することで学習者特性適応機能を実装した昆虫電子図鑑を開発し、その評価を行った。その結果、迷子防止のために用意したトピックパス、および知識定着の自己確認のための確認テストに関してはその有効性を十分に確認できなかったが、「学習者特性への適応」、「情報空間内の迷子防止」(済マーク部)、「取得情報の一貫性の保持」という3つの機能に関しては一定の効果を確認した。

このことから、学習者特性に動的に適応する本電子図鑑は、ハイパーメディアを用いた探求学習を行う際に生じる諸問題を解決することに寄与する余地があると考えられる。②課題：まず、効果検証に関して被験者層の拡張があげられる。本研究で開発した電子図鑑は広く一般の人を対象としているが、本稿

で述べた各種機能の効果検証は比較的知識のある大学生を被験者としていたため、その機能を限定的に確認するにすぎなかった。今後は、前提知識の薄い初等中等教育の児童・生徒、あるいはパソコンなどに接する機会があまりない高齢者層を対象にした各種機能の効果検証を行う必要がある。

次に、機能面に関して、より高度の学習支援を実現するため、学習者特性に動的に適應する仕組みをさらに強化する必要がある。まず、現状においてクライアント側とサーバ側それぞれにおかれているコンテンツを全てサーバ上で一元管理する必要がある。こうすることで、ノード内の情報の更新を適宜サーバ側で行い、その都度学習者にとって最も適した教材をクライアント側に配信でき、より動的に学習者特性に適應できると考えられる。また、学習履歴のさらなる活用があげられる。現段階では学習スタイルの分析のみを行っているが、学習履歴に含まれるその他のデータも併せて分析することで、過去の学習の推移を表示したり、復習用にカスタマイズされた学習コースの生成を自動的に行うことが可能になると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 鈴木貴大、稲葉竹俊、松永信介、探求学習を支援する学習者特性適応型電子図鑑の開発と評価、コンピュータ&エデュケーション、査読有、28 巻、pp.66-72、2010
- ② 鈴木貴大、稲葉竹俊、松永信介、探求学習を支援する学習者特性適応型電子図鑑の開発と実践、CIEC 研究大会、2009 PC Conference 論文集、査読無、pp. 133-136、2009
- ③ 鈴木貴大、金子瑞佳、森早弥香、稲葉竹俊、松永信介、学習者特性に動的に適應する昆虫電子図鑑の開発、情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集(4)、査読無、pp. 647-648、2009

[学会発表] (計 2 件)

- ① 鈴木貴大、稲葉竹俊、探求学習を支援する学習者特性適応型電子図鑑の開発と実践、PC カンファレンス (CIEC)、2009 年 8 月 9 日、愛媛大学 城北キャンパス (愛媛県)
- ② 鈴木貴大、稲葉竹俊、学習者特性に動的に適應する昆虫電子図鑑の開発、情報処理学会第 71 回全国大会、2009 年 3 月 12 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

稲葉 竹俊 (INABA TAKETOSHI)  
東京工科大学・メディア学部・教授  
研究者番号：10386766

### (2) 研究分担者

松永 信介 (MATSUNAGA SHINSUKE)  
東京工科大学・メディア学部・准教授  
研究者番号：60318871