

# 学習者特性対応型 e ラーニングシステムによる 知識保持能力の検証

東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科 中村 峻

G310601455@gss.teu.ac.jp

ヤフー株式会社 深井 博

東京工科大学メディア学部 稲葉 竹俊

inaba@media.teu.ac.jp

## 1. はじめに

e ラーニング（とりわけ WBT）に求められる根幹部分の一つに、学習者の「目的」「スタイル（学習方法）」「習熟度」「経験（学習回数）」などの因子の組合せで定まる“学習者特性”に応じた最適な学習コースの自動デザイン・提供がある。このいわば「学習者特性対応型 e ラーニングシステム」を実現する目的で、1990 年代初頭以降、欧米を中心に知的支援システム（ITS）を用いた学習支援を目的とした AHS（Adaptive Hypermedia System）の研究開発が盛んに行われてきた。<sup>1</sup>現在では、この AHS の構築のための様々な技術や技法は、基礎研究レベルではある程度確立されたと言える。学習用 AHS では、学習者が主体的に求める学習目的やスタイルと学習者の習熟度や経験などの客観的データに基づいて、ユーザモデル（学習者モデル）が次々と形成・蓄積され、モデルのデータベース化が行われる。また、データベース化と並行して、AHS では各モデルに最適な学習コース（学習内容、教示方法、教材間の相互リンクなど）のデザインが自動的に行われる。通常、学習者の特性は時間の経過とともに変容していくが、このシステムを用いると、常にその変容に応じた最新かつ最適な学習コースが学習者に配信されるという大きな利点がある。

実際、対応型システムを用いた学習は、教科書や参考書の様な学習者全員に同じ内容の教材を同じタイミングで配信する従来の画一的なシステム（非対応型システム）に比べ、学習効果や学習効率などの面で優れていることが、既存の研究の実証実験で明らかにされている。<sup>2</sup>

しかし、これらの実験結果は教材利用直後に行われたテスト結果に基づいたもので、短期的な学習効果しか実証されていない点も見逃せない。学習者の「知識レベル」から学習が完了したと判断される内容に関しては、積極的な配信を行わないか全く配信を行わないことで学習の効率化を目指す対応型システムには、学習時間は短縮されるが繰り返しの学習が行われにくいために、学習で得た知識を忘れ易く、長期間保持出来ないという問題点があるのではないかと考えた。そこで本研究では、学習者の特性に「知識レベル」を設定した対応型システムと通常の非対応型システムの 2 つを作成し、どちらのタイプの教材が知識の保持に有効かを明らかにするべく、学習直後のみならず、学習後一定の期間後に事後テストを行い、データの比較・分析を行った。

## 2. AHS の概要

本研究では、AHS の構築方法に基づいて、学習者特性対応型 e ラーニングシステムを構築した。特に Peter Brusilovsky らが行った AHS 研究は多くの示唆に富んでおり、この手法に注目して研究を行った。以下、このシステムの特徴および構築方法の概略を示す。<sup>3</sup>

### 2.1. AHS の特徴

AHS における学習者特性への対応の手法には、大きく分けて 2 種類のものがある。ひとつは、学習者特性に応じて、システムの各ページの内容を動的に変化させる Adaptive presentation と呼ばれる手法である。もう 1 つは、特性に応じて、ページ間のリンクを動的に変化させ、最適な学習順序（学習パス）を提供することで学習の支援を行う、Adaptive navigation support である。本研究では、後者の手法を採用し、前提知識となる学習コンテンツを学習し終わると、初めて発展した学習コンテンツへのリンクが開通するナビゲーションや学習者にとって必要でない判断されたコンテンツへのリンクを隠すナビゲーション、さらにはこれらのナビゲーションの状態を反映したマップ形式の目次ページなどをシステム上で実現した。

### 2.2. AHS の構築方法

AHS はノードとノード間のリンクによって形成される Hyper Space と Knowledge Space と呼ばれる 2 種類のネットワークを関連付けることで最終的には構築される。

前者の Hyper Space は、図 1 のように、実際にコンテンツとして提示する複数の web ページをハイパーリンクで連結しネットワークとして構築したものであり、一般的な e ラーニング教材もそのような構造を持っている。

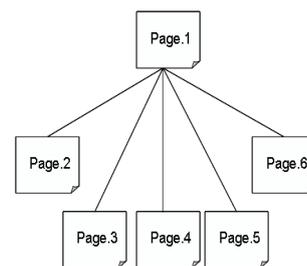


図 1 Hyper Space

これに対して、後者の Knowledge Space は学習者モデルの構築に関係する部分で、所与の学習内容を構成している概念(Concept)1 つ 1 つが相互にどのような関連性を持っているかを図示し、ネットワークを構築したもの事を言う。この概念間の関連性を基に学習者モデルを構築する。

本研究で作成する AHS 用の Knowledge Space では、任意の概念について、その学習の前提となる諸コンセプトを決定することで、それらの関係性を定義づけた。さらに、各概念に 10 段階の重みをつけ、各概念について 3.2. で後述するように、学習者の知識レベルを事前テストや概念学習後のテストで測り、学習者モデルを構築した(図 2)。この手法は Overlay Model といわれる学習者モデルの構築技法であり、学習者の知識レベルの変遷を柔軟かつ容易に表現できるという長所がある。

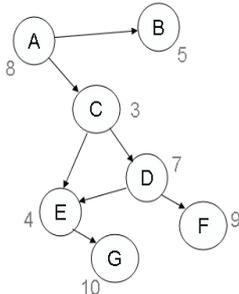


図 2 Overlay Model を用いた Knowledge Space

AHS は Hyper Space と Knowledge Space の 2 つのネットワークを連携させ、ナビゲーションを生むことで完成する。例えば、図 3 のように概念 A の内容を含む Page. 2 と概念 B の内容を含む Page. 6 との間には Hyper Space 上のリンクは存在しない。しかし、そこに Knowledge Space を連携することで 2 つのページ間には「知識としての関連性」が生まれナビゲーションが準備される。学習者が概念 A の内容を学習し、そのテストで 8 点以上を取るという条件をみたすと、概念 A に関連性のある概念 B と概念 C へのナビゲーションが生成されることになる。このように、2 つのネットワークを関連付け、各ページ間にナビゲーションを生成することで、学習者の知識レベルに対応した Adaptive navigation support が可能になる。

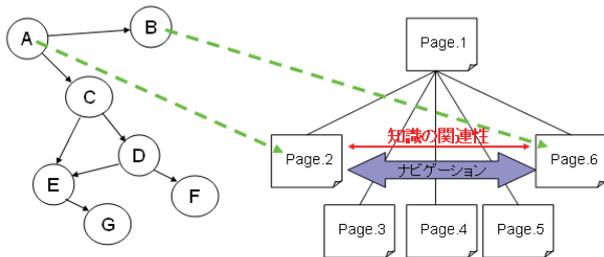


図 3 Hyper Space と Knowledge Space の連携

### 3. 教材概要

#### 3.1. 教材内容

本研究では、言語学と論理学の基礎を取り扱う本学 1 年次開講科『言葉と論理』を題材とした。学習内容を分析し言語分野 14 概念、論理分野 14 概念に分け、図 4 のような Knowledge Space を構築し、それを基に 1 概念を 1 単元として全 28 単元の教材を作成した。対応型システムは学習者個々の学習者モデルに従い教材を配信し、非対応型システムはどの教材からでも自由に学習できるようにした。

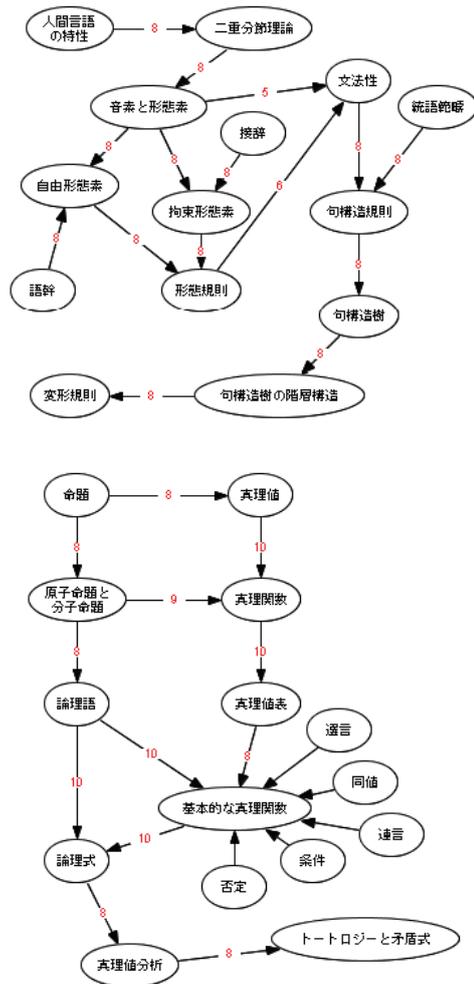
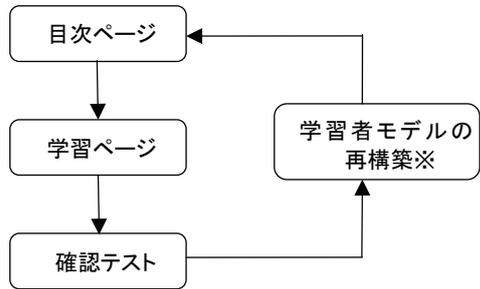


図 4 本研究で使用する Knowledge Space (上:言語学分野 下:論理学分野)

### 3.2. 学習の流れ

本研究で作成した教材は対応型、非対応型共に図5のような流れで進んでいく。



※は対応型のみ

図5 教材の流れ

教材はまず目次ページで学習する単元を選択する。この時、非対応型システムでは最初から全ての単元が学習できるようになっている。それに対し対応型システムでは現在の学習者モデルから学習可能と判断された単元のみへのリンクが開放されるようになっている。学習単元選択後は学習ページでその単元について学び、最後にその単元についての確認テストを受けてもらう。対応型システムでは確認テスト終了後、その成績を基に学習者モデルの再構築を行い新たに学習可能となった単元へのリンクを開放する。学習者モデルの構築プロセスに関しては次の3.3で詳しく説明する。

### 3.3. 対応型システムの特徴

本研究で構築した対応型システムの学習者モデル構築プロセスは次のようになっている。(プロセスの大まかな流れについては図6を参照のこと)

(1) 学習者登録: 学習者は学籍番号とパスワードを入力し登録を行う。学籍番号の末尾が偶数の場合は学習者対応型システム、末尾が奇数の場合は非対応型システムを学習するように設定した。この学習者登録を行う事で教材にログインする事が可能となる。

(2) 初期学習者モデル構築用テスト(プレテスト): (1)で登録したIDとパスワードで教材にログインすると、初回時は学習者モデルを構築するためのテストを行ってもらう。言語学分野、論理学分野の単元毎に10点満点のテストが行われ、結果を基にして初期の学習者モデルが構築される。

(3) 学習の開始: プレテスト終了後は教材にログインする際に前回の学習までの構築した学習者モデルを取得する。目次ページでは、取得したモデルに従って現在学習可能な単元へのリンクのみが表示される。

(4) 学習の終了と学習者モデルの再構築: 1単元は学習ページを終え、確認テストを受けることで終了となる。対応型では毎回の確認テストの後に学習者モ

デルの再構築を行う。学習者モデルの再構築は、図7のようなOverlay Modelとリンクの開放条件に基づいて行った。例えば、単元『二重分節理論』を学習し確認テストを終えるとシステム側で学習者モデルの再構築が行われる。この時確認テストの結果が8点以上であったならば単元『音素と形態素』へのリンクが開放される条件を満たしているため、次回学習より目次ページに単元『音素と形態素』の学習ページへのリンクが追加される。

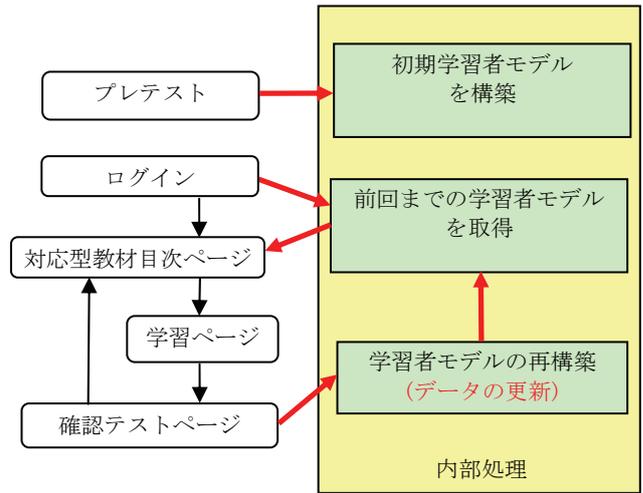


図6 学習者モデル構築プロセス

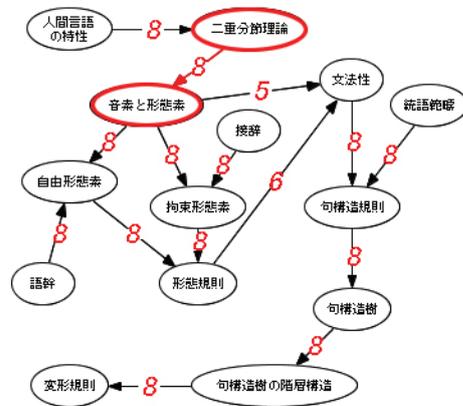


図7 Overlay Model (言語分野)

## 4. 実施実験

### 4.1. 実験概要

実験は本学1年次開講科目『言葉と論理』の受講者494名を対象に実施した。なお、テストの実施は被験者の各自のノートPC及び学内LANを利用し、一斉に行った。

被験者を、対応型システムを利用するAグループと非対応型システムを利用するBグループの2つに分け、2005年12月6日から2週間教材の配信を行った。教材配信期間終了後の12月20日に第1回ポストテストを実施し、結果を取得した。第1回ポストテスト終了後教材の配信・公開を停止した。その

後、約1ヶ月の期間を置き2006年1月17日に第2回ポストテストを実施し、結果を取得した。この2回のテスト結果から、Aグループ213名、Bグループ137名、計360名の有効なデータを得られた。

第1回ポストテストの得点と第2回ポストテストの得点を比較し、その減少量からどの程度知識の保持が行われていたかを測った。なお、ポストテストは第1回第2回ともに131点満点とし、出題範囲、問題形式には差異を設けなかった。

#### 4.2. 実験結果

実験データは教材配信期間中に学習を行った単元数によって4つに分類し分析を行った。

- ・学習単元数0～7:第1群(A:62名 B:71名)
- ・学習単元数8～14:第2群(A:23名 B:29名)
- ・学習単元数15～21:第3群(A:30名 B:10名)
- ・学習単元数22～28:第4群(A:98名 B:37名)

各群のポストテストの平均点と得点の減少量は次の表1の通りである。

表1 各群の平均得点と得点減少量

	第1回PT	第2回PT	減少量
第1群A	61.1	48	21%
第1群B	59.7	48.2	19%

	第1回PT	第2回PT	減少量
第2群A	68.7	55.7	19%
第2群B	75.7	63.1	17%

	第1回PT	第2回PT	減少量
第3群A	81.1	59.8	26%
第3群B	73.6	60.5	18%

	第1回PT	第2回PT	減少量
第4群A	97.5	76.7	21%
第4群B	94.8	75.1	21%

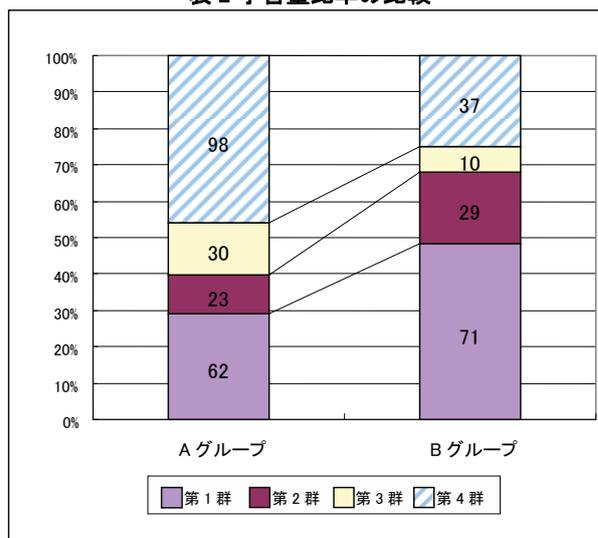
各群の結果にt検定をかけたところ、いずれの群でも有意な差は見られなかった。また、どの群でも得点の減少量が20%前後だったことから対応型・非対応型によって長期的な知識保持能力に差が出ることは無いと言える。

更に、別の視点から長期的な学習効果以外の有効性を検証した。AグループとBグループの各群の平均得点の差を見ると、どの群でも顕著な差は見られなかった。このことから、学習量が同程度の群同士では学習効果に大きな差は生じないと言える。しかし、AグループとBグループにおいて各群が占める割合には大きな差が生じた。

表2で示すように、Bグループでは教材の利用を殆ど行っていない第1群が50%近くを占めたのに対し、Aグループでは30%弱だった。また、教材を多く利用した第3群・第4群の割合が、Bグループが30%強だったのに対し、Aグループでは60%を記録した。また、この結果に $\chi^2$ 検定をかけたところ有意水準1%で有意な差が見られた。

このことより対応型システムを利用したAグループの方がBグループに比べ、学習を継続する意欲が維持されたと言えるだろう。

表2 学習量比率の比較



#### 5. まとめ

本研究では、対応型システムに長期的な知識保持能力があるかどうかの検証を行った。当初、対応型システムは非対応型に比べ学習で得た知識を消失し易いのではないかと懸念があったが、分析の結果、対応型・非対応型で長期的な知識保持に優劣が無いことが確認された。また、非対応型システムでは学習者自身が自らの能力を判断し、次に行う学習を決定する必要があったのに対し、対応型システムは学習者に「現在の知識レベル」や「これから学習すべき単元」などのナビゲーションが提示され、学習者が自身の現状を把握し学習を進め易くなったことが学習意欲の向上・維持に繋がり、教材を最後まで利用する学習者の数が増えたのではないかと考える。これらの分析結果より、本研究で作成した対応型システムは、長期的な知識の保持をしつつ、学習効果、学習効率、学習継続意欲の維持の3点において非対応型システム以上の結果を得ており、有効な学習教材であったと言えるだろう。

#### 参考文献

- <sup>1</sup> 教育システム情報学会編、「第8章 第4節ハイパーメディアにおける学習支援」、『教育システム情報ハンドブック』, pp141-144(2001)
- <sup>2</sup> Evangelos Triantafyllou, Andreas Pomportsis, Stavros Demetriadis and Elissavet Georgiadou, "The value of adaptivity based on cognitive style: an empirical study", *British Journal of educational technology*, Vol. 35, pp95-106(2004)
- <sup>3</sup> Peter Brusilovsky, "Methods and techniques of adaptive hypermedia", *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 6, pp87-129(1996)
- Peter Brusilovsky, "Developing adaptive educational hypermedia systems: From design models to authoring tools", *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment*, pp377-409(2003)