学習支援情報のデータベースを使用した 学習効率向上のための学習支援システム

Learning Support System to Improve of Study Efficiency
by Using Learning Support Information Database

森 田 英 輔^{※1}
Eisuke MORITA

新 津 善 弘^{※1}
Yoshihiro NIITSU

This study proposes a system in which learners can find targeted learning contents efficiently and clarifies the improvement of the efficiency by using the system through simulation and learning in practice. In this system, learning support information managed by a database is defined as information to link learners and learning contents. Learning support information consists of keywords of learning contents, location and ordering information for learning contents. By using this system learners can find not only targeted learning contents but also related additional learning contents efficiently. Moreover it is possible to generate new curriculums using keywords and learning support information.

Keywords : eLearning, Learning Support, Meta-information, Curriculum Creation

キーワード : e ラーニング, 学習支援, メタ情報, カリキュラム生成

1. はじめに

e ラーニング・システムを活用した教育・学習形態はすでに一般的なものとなっている。近年では、IT 技術の発達により電子書籍・映像・音声などのマルチメディア・コンテンツ、オンライン辞書・Q & A などの Web サービス、コミュニティ・掲示板での議論など、学習教材としても十分に使用できるコンテンツをインターネット経由で簡単に入手できるようになってきた。

コンテンツの提供形態についても、以前は制作者によりパッケージ化された単位で行われることが主であったが、近年のインターネットの普及にともない、ユーザーはより細分化されたコンテンツを各自の指向に合わせて自由に入手できるように変化してきている。e ラーニングにおける教材の配信についても、以前は科目ごとにまとまった単位で行われていたが、近年では学習者が興味を持った分野について、トピック単位といったより細かい単位で教材を入手し学習を進められるようになってきている。

しかし、入手できるコンテンツ量の増加にともない、適切なものを探すためのコストも増加する。特に、業務などで特定の項目の関連知識の理解を深めていくような場合や歴史の学習など個々の学習項目に関連する他の情報を多数参照する必要がある場合により多くの

労力が必要となる。

本論文では、学習者が膨大なコンテンツの中から適切なものを効率良く探すための学習支援システムを提案し、これを利用することによる学習効率の向上効果を明らかにする。

2. 学習効率向上のためのシステムの提案

2.1 従来システムの問題点

e ラーニング・システムでは、電子化された学習者の個人情報、学習履歴および学習コンテンツのメタ情報が学習管理システム (LMS) で管理されており、学習者は LMS の指示に従って学習を進める。一般的に、より深い知識を得るために、配信される学習コンテンツに加えて関連書籍などの追加教材を参照することが多いが、近年ではインターネット経由でも学習に役立つ情報を入手できるため、これらの情報を追加教材として活用することも多い¹⁾。このような LMS で管理されていないコンテンツは、学習者自身が検索サイトなどのサービスを利用して探し出す必要があり、入手できる学習コンテンツの情報量に比例して目的の情報を得るためのコストが増加してしまう。個人がインターネット上に発信している情報の品質・信頼性は保証されていないため、誤った情報をもとに学習を進めてしまう可能性もある。

また、学習を進める上で不明な個所があった場合に、多くの LMS では Q & A サービスを使用して講師に質問

2012 年 12 月 7 日受付

※1 芝浦工業大学大学院

図1 提案システムのシステム構成

表1 学習者情報の要素

学習者情報	<ul style="list-style-type: none"> - 氏名, 年齢, 職種, 嗜好 - 学歴, 職歴, 保有資格 - 過去の学習履歴 - 現在のスキル習得レベル
-------	--

したり, 学習者参加型の用語集やフォーラムを活用して問題を解決することができるが, これらの機能は, 主に個々の学習コンテンツの内容を補完する目的で使用されるため, LMSで管理されていないコンテンツを探す目的で使用するには, 個別に質問し回答を得る必要があり, 多くの労力が必要となる。

2.2 提案システム

以上の問題点を踏まえ, 著者らは学習者が効率よく目的の学習コンテンツを探すことのできる仕組みについて研究を進めてきた^{2), 3)}。本論文では, 学習者が効率よく学習を進めるための学習支援システムを提案する。提案システムでは, 図1に示すように, 学習を進める上で必要となる情報として, 学習者自身の情報, 学習コンテンツに関する情報および学習支援情報を使用する。学習支援情報とは, 学習者が効率よく体系的に学習を進めるために必要となる, 学習者と学習コンテンツを関連付ける情報であり, 既学習者のノウハウに相当するものである。これらの3つの情報(学習者情報, 学習コンテンツ, 学習支援情報)のうち, 学習者情報および学習支援情報をデータベース化することで, 学習者が必要とする情報を容易に入手できるようにする。

2.3 学習者情報

学習者情報には, 表1に示すように, 氏名, 年齢, 学歴, 職歴, 保有資格などの学習者自身の個人情報や現在のスキル習得レベルおよび過去の学習履歴情報が含まれる。学習者は単に学習を進めるだけでなく, 自身の学習履歴を他の学習者に公開したり, 新しい学習支援情報の登録を行う。学習者情報をどこまで公開するかはユーザー自身が決定する。学習支援情報の登録者が資格を保有している場合や関連分野の業務経験がある場合, これらの情報を公開することで対象となる学習コンテンツ, 例えば, 個人の発信した情報の信頼

図2 キーワードに対応する学習コンテンツ

図3 キーワードに対応する学習支援情報

表2 学習支援情報の要素

学習支援情報	<ul style="list-style-type: none"> - コンテンツID - タイトル, 概要, キーワード - カテゴリ, フォーマット - 場所, 言語 - 作者所属, 作者 - 前後のコンテンツID - 登録者, 登録日, 更新日
--------	---

性を高めることができる。

2.4 学習コンテンツ

学習コンテンツは, 書籍, 講義の映像, オンラインテストなどの教材としてすでに使用されているものから, 電子書籍, 動画・音声などのマルチメディア教材, 掲示板, コミュニティなどのWebサービス, メールマガジンなど, 学習対象として使用できるものが対象となる。図2に示すように, 各学習コンテンツにより習得できる学習内容はキーワード化され, 学習支援情報のデータベースとして管理される。

2.5 学習支援情報

学習に必要な学習コンテンツの場所や学習手順を含む情報を学習支援情報と呼び, 学習者はこの情報をもとに適切な学習コンテンツを参照することで必要な知識を得る。学習支援情報は, 図3に示すように, 教科書の目次のようにキーワードがツリー構造で表され, 表2に示す, 学習内容, 言語, 種別, 対象者, 情報提供者などの学習コンテンツの内容を表すメタ情報が含まれる。学習者は, データベース化された学習支援情

表3 学習支援情報の収集方法

手動収集	ーベースとなる教材が存在する場合
	ーベースとなる教材が存在しない場合
自動収集	ーアクセス履歴を使用した情報収集

報から適切な学習コンテンツの情報を入手し学習を進める。学習支援情報は、学習者自身が新しい情報を追加登録したり、学習者の学習履歴情報をもとにシステムが自動追加することによって、より信頼性の高いデータベースに発達する。

2.6 学習支援情報の収集方法

学習支援情報の収集方法は、表3に示すように、大きく分けて手動で収集する方法と自動で収集される方法の2つに分類される。手動収集は、さらにベースとなる教材が存在する場合と存在しない場合に分類される。どの場合もキーワードおよび対応する学習コンテンツのメタ情報が登録される。

(1) ベースとなる教材が存在する場合

学習内容が事前に決まっている場合は、教材の目次や試験の出題項目リストといった学習支援情報のツリーがあらかじめ存在する。学習者はベースとなる教材を学習しながら、追加で参照した学習コンテンツのメタ情報を新規の学習支援情報として手動で登録する。登録済みの学習支援情報と前後関係がある場合はその情報も登録する。

(2) ベースとなる教材が存在しない場合

学習内容が事前に決まっていない場合は、学習内容のツリーはあらかじめ存在しない。学習者は必要に応じて興味のあるトピックを学習する。このような場合、学習者は学習したコンテンツおよび追加で参照した学習コンテンツの両方のキーワードおよびメタ情報を新規の学習支援情報として手動で登録する。学習支援情報の間に前後関係がある場合はその情報も登録する。

(3) アクセス履歴を使用した収集

LMSを使用した学習システムでは、学習コンテンツの情報に加え、学習履歴の情報が自動収集されるため、学習者が学習中に参照した追加の学習コンテンツのキーワードおよびメタ情報を新規の学習支援情報として自動登録することで学習支援情報を自動収集する。学習支援情報の前後関係は学習者のアクセス履歴および参照元教材の目次情報をもとに決定する。

3. 提案システムの活用

3.1 関連する学習コンテンツの検索方法

学習支援情報にはキーワードおよび関連する学習コンテンツの前後関係の情報が含まれる。学習者はこの情報をもとに、現在学習している学習コンテンツに関連する追加の学習コンテンツの情報を入手することができる。例えば、図4に示すように、「ストレージ」について学習しているときに、より深い知識を得たい場

図4 関連する学習コンテンツを検索

図5 前後関係から関連する学習コンテンツを検索

合は、学習支援情報のデータベースから、キーワード「ストレージ」で登録されている情報を検索することで、そのキーワードに関連する別の学習コンテンツの情報を入手できる。また、図5に示すように、「リスニングアドレス設定」について学習しているときに、現在の教材だけでは十分理解できない場合は、学習支援情報に含まれる学習コンテンツの前後関係の情報から、前提知識となる「IPアドレス」に関する学習コンテンツの情報を入手し、より深い理解を得ることができる。

3.2 学習スタイルに応じたシステム活用

学習スタイルは、ベースとなる教材の各項目を順番に学習していくことで知識を習得していく蓄積型学習と、習得したい学習項目をピンポイントで学習し、そこから関連項目を学習し理解を深める目的型学習の2つに分類される。それぞれにおいて本システムを活用し、より効率的に学習を進めることができる。

(1) 蓄積型学習へのシステム活用

蓄積型学習は自己学習および集合教育の両方で用いられる学習スタイルであり、学習者はあらかじめ決められた学習内容を順番に学習していく。図6に示すように、ベースとなる教材の学習を進める上で不明な点があったり、より理解を深めたい場合に学習支援情報のデータベースから現在学習中の教材に関連する追加

図6 蓄積型学習での提案システムの活用

図7 目的型学習での提案システムの活用

の学習教材の情報を得る。学習支援情報のデータベースには学習コンテンツの前後関係の情報も含まれるため、複数の学習コンテンツが検索される場合は、システムが推奨する順番で追加の学習コンテンツの学習を進める。学習者が他の学習者にも有用である学習コンテンツの情報を持っている場合は、新規の学習支援情報としてデータベースに登録する。

(2) 目的型学習へのシステム活用

目的型学習は自己学習で主に用いられる学習スタイルであり、学習者は習得したい知識に関連する学習コンテンツのみを重点的に学習する。図7に示すように、学習者は、本システムを使用して、学習したいキーワードから対象となる学習コンテンツの情報を入手し学習を進める。学習支援情報のデータベースには各学習コンテンツ間の前後関係の情報も含まれるため、入力されたキーワードをもとに動的に生成された関連する学習コンテンツのカリキュラムを使用して学習を進める。学習者が他の学習者にも有用である学習コンテンツの情報を持っている場合は、新規の学習支援情報としてデータベースに登録する。

4. 評価実験

4.1 シミュレーションによる評価実験

提案システムの有効性を示すため、学習者が追加の学習コンテンツの検索にかかるコストがどの程度軽減されるかについて、シミュレーションによる評価実験を行った。サンプル・データには100ページの教材のデータを使用した。また、各ページには1つのキーワ

表4 シミュレーションのサンプル・データ、条件および測定項目

サンプル・データ	- 総ページ数: 100 - ページ当たりのキーワード数: 1 - 学習者当たりの学習キーワード数: 100
条件	- 複数の学習者が全てのページの学習コンテンツを順番に学習する - 学習支援情報にキーワードが存在する場合は、その教材を利用する - 学習支援情報にキーワードが存在しない場合は、他のソースから追加教材を探し、見つかった教材を新規の学習支援情報として登録する - 以下の値を変動させながら測定 ・ ページ当たりの追加参照教材数 (rn) ・ 学習支援情報のヒット率 (lr) ・ 他のソースからの検索ヒット率 (or)
測定項目	- 学習支援情報ヒット件数 (n) - 他のソースからの検索回数 (n) - 学習支援情報登録件数 (n)

図8 追加参照教材の検索コストの推移

(ページ当たりの追加教材参照数 (rn) = 1, 学習支援情報ヒット率 (lr) = 30%, 他のソースからの検索ヒット率 (or) = 30%)

図9 追加参照教材の検索コストの推移

(ページ当たりの追加教材参照数 (rn) = 3, 学習支援情報ヒット率 (lr) = 30%, 他のソースからの検索ヒット率 (or) = 30%)

ドが含まれるようにし、各学習者が合計100個のキーワードを学習するように設定した。学習者は、学習支援情報のデータベースの情報も参照しながら学習を進

表5 学習支援情報のヒット件数が他のソースからの検索件数を超える学習者数（ページ当たりの追加教材参照数（ rn ）= 1）

		他のソースからの検索ヒット率（ or ）			
		10%	30%	50%	70%
学習支援情報 ヒット率 （ lr ）	10%	44人	22人	14人	12人
	30%	22人	9人	6人	5人
	50%	11人	6人	4人	3人
	70%	8人	2人	2人	2人

表6 学習支援情報のヒット件数が他のソースからの検索件数を超える学習者数（ページ当たりの追加教材参照数（ rn ）= 3）

		他のソースからの検索ヒット率（ or ）			
		10%	30%	50%	70%
学習支援情報 ヒット率 （ lr ）	10%	35人	19人	12人	10人
	30%	10人	7人	5人	4人
	50%	7人	4人	3人	3人
	70%	5人	3人	2人	2人

め、必要に応じて新規の学習支援情報を登録する。表4にサンプル・データ、条件および測定項目を示す。

ページ当たりの追加教材参照数を1つ（ $rn = 1$ ）、学習支援情報のデータベースから検索された学習コンテンツが有効である確率を30%（ $lr = 30\%$ ）、他のソースから検索した場合に1回の検索で有効な学習コンテンツが見つかる確率を30%（ $or = 30\%$ ）とした場合の追加参照教材の検索コストの推移を図8に、同様に $rn = 3$ 、 $lr = 30\%$ 、 $or = 30\%$ とした場合の結果を図9に示す。 $rn = 1$ とした場合は学習者数9人で、 $rn = 3$ とした場合は7人で学習支援情報のヒット件数が他のソースからの検索回数を上回り、それ以降は学習支援情報のヒット件数が参照する追加教材数に収束していることがわかる。

また、 lr および or を変化させながら同様に測定し、学習支援情報のヒット件数が他のソースからの検索件数を上回った時点の学習者数をまとめた結果を表5（ $rn = 1$ ）および表6（ $rn = 3$ ）に示す。 lr または or が10%である場合を除いて、学習者数10人未満で学習支援情報のヒット件数が他のソースからの検索件数を上回る結果となった。

4.2 実践学習による簡易実験

シミュレーションによる実験結果の正確性を確認するため、初期の実験として、まず少人数の実践学習による効果測定を行った。実践学習では、教材として合計35ページの問題形式の書籍を使用し、シミュレーションと同じ条件および測定項目にて、2名の学習者が順番に学習を進めた。

2名の学習者が学習を終えた時点における、それぞれの学習者の学習支援情報の新規登録数、追加学習コ

表7 実践学習における学習支援情報の新規登録数、要した検索回数および有効であった割合

	1人目	2人目
学習したページ数	35	35
新規登録した学習支援情報の数	89個	20個
追加学習コンテンツの検索に要した検索回数の合計	302回	57回
1つの追加学習コンテンツの検索に要した最小検索回数	1回	1回
1つの追加学習コンテンツの検索に要した最大検索回数	8回	8回
1つの追加学習コンテンツの検索に要した平均検索回数	3.4回	2.9回
有効であった登録済み学習支援情報の数	—	69個

表8 実践学習における学習者へのアンケート結果

質問	学習支援情報が参照できたことで学習効率は向上したと思いますか？
回答	向上したと思います。何も追加教材がない状態で始めるよりも、1人が調べてくれた追加教材がある分、検索時間が短縮され、結果学習効率が上がったと思います。
質問	学習の理解度はより深まったと思いますか？
回答	深まったと思います。類似問題やパターン問題などが載せられていて、それを解くことにより1つの教材よりも問題慣れをすることができたので理解度は深まったと思います。
質問	本システムを使用することによって、全ページの学習のためにかかった追加情報の検索コストは削減できたと思いますか？
回答	削減できたと思います。

ンテンツを見つけるために要した検索回数および登録済みの学習支援情報が有効であった数を表7に示す。学習支援情報が存在しない1人目の学習者は十分な知識を得るために89個の追加学習コンテンツを自身で探す必要があったが、2人目の学習者は、先に学習を終えた学習者が登録した学習支援情報89個のうち69個（約77.5%）を活用できたため、十分な知識を得るために自身で探す必要のある追加学習コンテンツの数は20個と大幅に減少した。同様に、追加学習コンテンツの検索に要した検索回数の合計も302回から57回に大幅に減少した。追加の学習コンテンツを1つ見つけるために要した検索回数は2名とも1～8回、平均するとおよそ3.3回となり、他のソースからの検索ヒット率はおおよそ30%という結果となった。

また、学習終了後に2人目の学習者に対して実施したアンケートの結果を表8に示す。本システムを使用することにより、全ページの学習のために要した検索コストが削減され、学習効率が向上したとの回答を得た。さらに、この学習者においては学習理解度についても向上したとの回答であった。

5. 考察

シミュレーションによる評価実験の結果では、学習支援情報が存在しない初期の学習者は追加の学習コンテンツを自身で探す必要があるため、他のソースからの検索回数が大きい。学習支援情報の登録件数が多くなるに従って、本システムから必要な情報を得ることができる割合が増加し、最終的には必要な追加学習コンテンツのほぼ全てを登録済みの学習支援情報から得られるようになっていく。lrが10%と非常に低い場合において44人の学習者が必要になる結果が出ているが、登録済みの学習支援情報は、過去の学習者が有効であると判断したものであるため、lrの値が低い状況になる可能性は低いと考えられる。実際に実践学習による簡易実験ではlrの値は77.5%であったが、lrが50%以上である場合に限定しても、多くても10人程度、条件によっては2～3人の学習者が学習を終えた時点で、本システムを使用した場合の学習効率が使用しない場合を上回ることになる。

実践学習による簡易実験の結果では、他のソースからの検索ヒット率はおおよそ30%、登録済みの学習支援情報のヒット率は77.5%と非常に高いものであった。合計35ページの教材を学習するために参照した追加学習コンテンツ数は2名とも89であり、平均して1ページ当たりおおよそ2.5個の追加学習コンテンツを参照したことになる。これを表6のシミュレーションの結果に照らし合わせると、おおよそ3名の学習者が学習を終えた時点で十分な学習支援情報が蓄積されると予想され、本システムを使用することにより非常に高い効果を得ることが確認できた。

これらの結果より、一般的な企業研修の受講者数が20名程度、学校教育における1クラスの生徒数が30名前後(小中高)であることを踏まえると、多くても半数の学習者が一通りの学習を終えた時点で必要な学習支援情報の収集が完了することになる。実際には、学習支援情報の少ない初期においても、進捗の速い生徒が先導して情報登録を行うことで進捗の遅い生徒の学習効率向上にもつながり、初期の学習者にとっても有効なシステムであるといえる。1クラスの生徒数の多い大学では、より早く学習効率の向上が期待できる。インターネット上で公開し多数の学習者が使用するような状況においても十分な効果が得られると思われる。

6. おわりに

既存コンテンツの電子化や個人の発信する情報の増

加にともない、現在個人が取り扱うことのできる情報の量は飛躍的に増加した。個人から情報を発信することのできる環境の普及も進み、以前は学習コンテンツの多くは与えられるものであったが、現在は学習者自身が学習コンテンツを自分のホームページなどで提供することも可能になった。将来的にはこれらの膨大な情報の中から自分の指向に合う情報を効率的に見つけることのできる仕組みがより重要になってくる。本論文では、学習支援情報という概念を導入することで得られる学習効率の向上がどれくらいであるかについて示した。

今後は、本格的な多人数での実践学習を行うことでさらに効果を検証していくとともに、蓄積された学習支援情報を学習者の学習履歴情報と組み合わせて活用する方法や、学習支援情報の信頼性・重み付けを考慮した場合についても検討を進める。

参 考 文 献

- 1) 宮地 功: eラーニングからブレンディッドラーニングへ, 共立出版, pp.34-37, 58-60, 86-87, 2009
- 2) 森田英輔, 新津善弘: 学習効率向上のための学習支援情報の要素および収集形式に関する一考察, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, B19-18, 593, 2011
- 3) Eisuke Morita, Yoshihiro Niitsu: "User-Oriented Curriculum Creation Method Using Learning Support Information": 6th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, OS02-07, 2012

著 者 紹 介

森田 英輔

職 歴 1997年～日本オラクル(株)
2009年～国立天文台

学 歴 1997年 芝浦工業大学大学院工学
研究科電気工学専攻修了, 工学修
士

専 門 eラーニング, 学習支援

所属学会 電子情報通信学会, 情報処理学
会, 教育システム情報学会, 日本
工学教育協会

連絡先 eisuke.morita@nao.ac.jp