

学習者の理解度に対応した適応型 e ラーニングシステムの考察

延原 哲也 小山 嘉紀 三宅 新二 庄司 成臣 劉 渤江 横田 一正

(株)ベネッセコーポレーション 〒700-8686 岡山市南方 3-7-17

両備バス(株) 〒700-0814 岡山市天神町 1-28

(株)両備システムズ 〒700-8504 岡山市豊成 2-7-16

岡山県立大学大学院 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

岡山理科大学 〒700-0005 岡山市理大町 1-1

E-mail: tetsuya_nobuhara@mail.benesse.co.jp, koyama@rrr.gr.jp, shinji@ryobi.co.jp
 shoji@c.oka-pu.ac.jp, liu@mis.ous.ac.jp, yokota@c.oka-pu.ac.jp

あらまし e ラーニングにおいて学習者の理解度を逐次測定し、課題を動的に学習者に提示する仕組みを検討する。現在の e ラーニングに実装されているアセスメント技術が未成熟であるため、その最適なアセスメント技術を検討し、その結果に基づいた動的な課題提示の方式を提案した。また、アセスメント結果をコンテンツにフィードバックする仕組みに SCORM2004 で提唱されている標準的なシーケンシングデータモデルを活用することにより、この方式が一般的なプラットフォーム上で実装可能であることが判明した。

キーワード e ラーニング, SCORM2004, 項目応答理論, CRT

Adaptive e-Learning System Corresponding to Learners' Performance

Tetsuya NOBUHARA Yoshinori KOYAMA Shinji MIYAKE

Nariomi SHOJI Bojiang LIU Kazumasa YOKOTA

Benesse Corporation 3-7-17 Minamigata, Okayama 700-8686 Japan

Ryobi Bus Corporation 1-28 Tenjin-cho, Okayama 700-0814 Japan

Ryobi Systems Corporation 2-7-16 Toyonari, Okayama 700-8504 Japan

Okayama Prefectural University, 111 Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197 Japan

Okayama University of Science 1-1 Ridai-cho, Okayama, 700-0005 Japan

E-mail: tetsuya_nobuhara@mail.benesse.co.jp, koyama@rrr.gr.jp, shinji@ryobi.co.jp
 shoji@c.oka-pu.ac.jp, liu@mis.ous.ac.jp, yokota@c.oka-pu.ac.jp

Abstract We propose an adaptive e-Learning system that can provide learning materials corresponding to learners' performance. As online assessment in existing e-Learning systems does not necessarily work well, we propose a new e-Learning system with new assessment method. In this paper, we propose that it is possible to use the common feedback mechanism of learners' performance information recommended by SCORM2004.

Keyword e-Learning, SCORM2004, Item response theory, CAT

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、教育コンテンツをネットワークを通じて配信するeラーニングが企業内教育や高等教育の領域でさかんに試みられるようになってきている。しかし、eラーニングは多様なニーズを持った学習者の参加を前提としており、システムへの要求も多様化する。その多様なニーズに柔軟に対応していかなければ、学習者を継続的に学習に参加させることが困難となる。

しかし、現在広く利用されているeラーニングの技術や標準化されつつある機構では学習者の習熟度状態の把握がきめ細かくできていないとは言えず、一方的なコンテンツ配信にとどまっているのが現状である。そのため、学習者のモチベーション低下やその結果としての学習の中断という事態が多く発生しており、それがeラーニング実施上の問題となっている。

そうした状況を改善し、eラーニングの有効性を高めるために本論文ではeラーニングに参加する学習者の理解度を把握し、その結果に基づいてより学習者に適合した学習課題を提示する仕組みを提案する。

2章でコンテンツ標準化動向、3章で動的な課題提示の仕組み、4章でアセスメント技術について述べ、5章でアセスメント結果によるコンテンツ制御機構を提案する。6章では学習者へのフィードバック情報を検討し、7章で今後の展望と課題を記す。

2. コンテンツ標準化の動向と課題

eラーニングのコンテンツ標準化においてはAdvanced Distributed Learning Initiative (以下ADL)が提唱するSharable Content Object Reference Model(以下SCORM)が普及しつつある。そもそもSCORMは、教材を標準化することにより広く流通させること[1]を目的として各種標準化団体と共同で作業が行われている。

SCORMではSharable Content Object(以下SCO)をコンテンツの流通単位としその再利用を提唱しているが、これまでその流通には以下のような課題があったため、当初の構想どおり流通しているとは言い難い。

(SCO流通の阻害要因の例)

- ・メタデータ記述内容に関する定義がない
- ・メタデータの定義の作業負荷が大きい
- ・コンテンツの権利保護のルールが不明確

一方最新のSCORM2004[2]では、コンテンツの提示順序を細かく制御(シーケンシング)する機構や学習者の理解状況を把握する(トラッキングモデル)機構が追加された。従来のSCORM1.2までは職業人教育向けシングルロールでデザインされてきており[3]、複数のコンテンツの提示順を複雑に制御することは困難であ

った。

本論文では新たにSCORM2004で導入され、今後標準として多くのLearning Management System(以下LMS)でのサポートが期待される学習状況のトラッキングモデルの積極的な活用とその有効性の検討を試みる。

3. 動的な課題提示システム

学習者の理解度に対応して動的に提示学習課題を制御するためのアセスメントと提示課題分岐の基本モデルを図1に示す。図1は、アセスメントの成績に応じて未理解領域の対策学習コンテンツを提示したり、発展的学習コンテンツを提示する基本的なフローである。

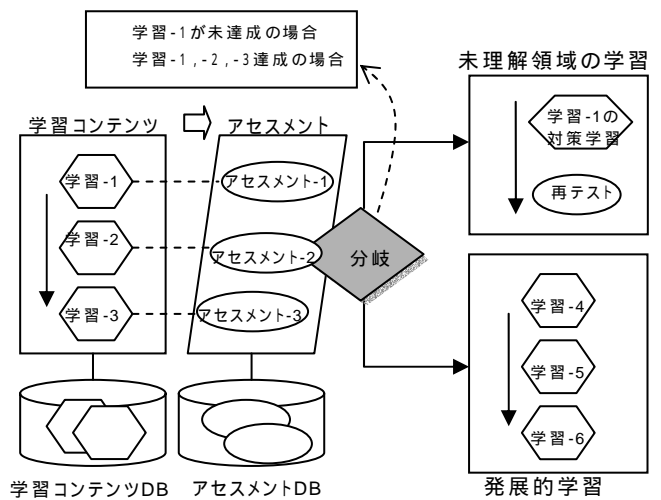


図1 動的課題提示基本モデル

たとえば、高校物理における「変位と速度」という単元は一般的に(1)変位,(2)速度,(3)速度の合成・分解(4)相対速度の4つの小単元で構成されるが、図2に示すように(3)速度の合成・分解は、(1)変位,(2)速度を理解していなければ理解でき

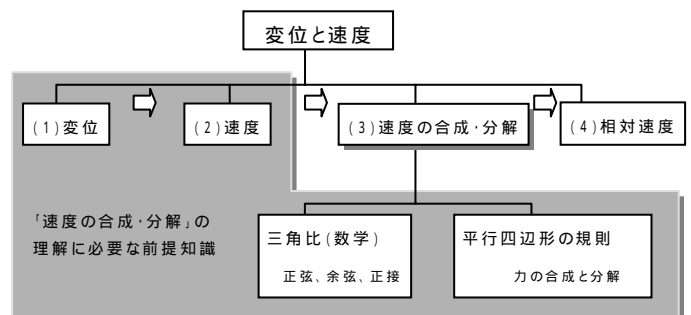


図2 高校物理の単元関係例

ない構造となっている。さらに、「三角比」といった数学の知識や「平行四辺形の規則」のようなかなり以前

に学習した知識の習得を前提としている。このような知識の階層構造は積み上げ型の教科では一般的に多く見られることである。

ある学習領域が習得できていない場合、その理解の前提となる知識（以下前提知識とする）の習得可否にまで遡って再学習を行わなければならない。それをサポートする学習システムに要求される機能は、アセスメントによる前提知識レベルの測定及び、学習目標が未達成の項目に対して、その前提知識の再学習までも促す仕組みを含んだものとなる。

4. 理解度のアセスメント

これまでの多くのeラーニングシステムでは理解度の把握に簡単な小テストが実施される程度にとどまっている。理解度を正確に把握してその結果を教授活動に活用するという意味でのアセスメントや、その学習システムへの統合は見過ごされてきた[4]。学習目標に対する到達度を各学習者に知らせると同時に、それを基礎として次の段階での指導方法を考える[5]という意味での教育性の観点が機能しているとは言いがたい。教育的なアセスメントがすべての学習者の学習を容易にするために役立つ[6]ものとしてeラーニングシステムにおいても有効に実装されなければならない。

eラーニングでの教育的なアセスメントに必要な要件は、習熟度の絶対評価ができること、少ないテスト項目や短い時間で実施可能であること、機密性が高いことなどが挙げられる。

コンピュータテスト(CT: Computerized testing)はペーパーテストを単純に電子化してリアルタイムに採点をすることを目指してきており、現在のeラーニングシステムにも搭載されている。一方次世代のコンピュータ適応型テスト(CAT: Computerized adaptive testing)は、被験者の応答に基づいて、実施する項目の困難度や内容を調整する方式であり、CATではより少ない問題数、短い実施時間でCTと等価な測定が可能となるという特徴がある。CATの場合には被験者は自分の能力水準に近い問題のみを与えられ、難しすぎる問題や易しすぎる問題は出題されない[7]。また同一被験者に同一問題を出題しないなどの制御を行える。

CATのテスト問題は項目反応理論(IRT: Item Response Theory)に基づいて作成されている。IRTでは各テスト問題がプレテスト結果から採取されたメタデータとしての識別力、困難度等のパラメータ情報を有する。

被験者*i*が、テスト項目*j*に正答する確率 $P_j(i)$ は以下のロジスティック分布関数を活用した2パラメータ・ロジスティックモデル(two-parameter logistic model)で計算できる[8]。

$$P_j(\theta_i) = \frac{1}{1 + \exp[Da_i - b_j]}$$

a: 識別力パラメータ

各問題が受験者の能力を識別する力がどのくらい強いかを表すパラメータ

b: 困難度パラメータ

各問題の難易度水準を表すパラメータ

D: 1.7 :能力

各テスト問題は以下図3に示すような項目特性曲線により学習者の能力を弁別できる機能を有している。

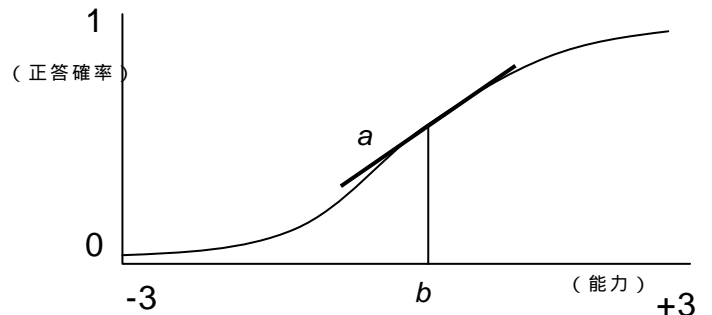


図3 項目特性曲線

IRTを用いたアセスメントでは、逐次学習者の能力を推定しながら次の問題を出題していくため、従来のアセスメントに比べ出題数を減らせることが分かっている[8]。実際の能力得点は、回答パターンが与えられる毎に、ベイズ推定(Bayesian estimation)により逐次能力を推定していく方式等が利用可能である。

逐次推定される能力値に対して、その能力値周辺の難易度の問題を次候補問題として出題することにより、学習者の能力を特定していく方式であり、図4にそのイメージを示す[9]。この方式は商用の英語オンラインアセスメント[10]などでもすでに実用化されている。

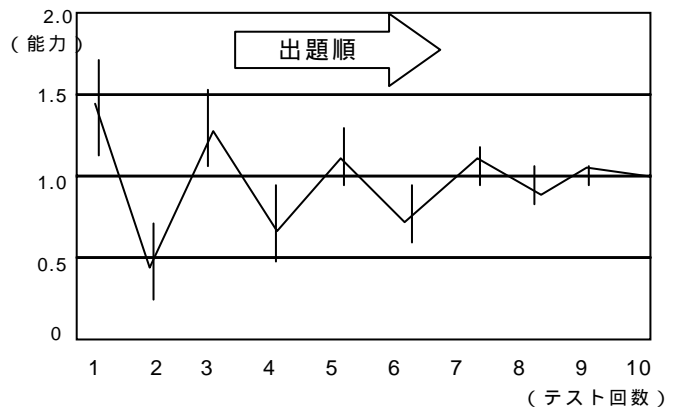


図4 IRTによる能力推定イメージ

[9]より引用

5. アセスメント結果によるコンテンツ制御

前章で議論した CAT によるアセスメントと SCORM2004 で提唱されたトラッキングモデルを連携させることにより、学習者の理解度に応じたコンテンツ提示の仕組みを提案する。まず始めに、SCORM2004 で定義されている重要な概念について説明する。

アセット：学習コンテンツの最も単純な形態で、テキストや画像などの電子的なデータの断片。

SCO：一つ以上のアセットから構成され、ランタイム環境を利用して LMS と通信が可能な学習資源の最小単位。再利用性を高めるために、特定の学習経験から独立している。

コンテンツアグリゲーション：

一連の学習資源（アセット/SCO）を分類し、学習者に提示する順序を決定する機能を含んだコンテンツ構造の定義。

コンテンツパッケージ：

コンテンツアグリゲーションで定義されたコンテンツ構造を具体的にマニフェストと呼ばれるファイルとして記述する方法などを定義する。マニフェストのオーガニゼーション部分でシーケンシングが定義される。

トラッキングモデル：

学習コンテンツをシーケンシングするために必要な学習者の動的情報などを保持する一連のデータモデル要素で、学習目標や学習目標到達度情報などを含む。

アクティビティ・ツリー：

アクティビティはある意味をもった学習活動単位であり、アクティビティ・ツリーはアクティビティの動作構造を表現する。実際は LMS がコンテンツパッケージを読み込んでこのアクティビティ・ツリーに変換する。

3章で論じた物理の単元をコンテンツアグリゲーションとして表すと図5のようになる。オーガニゼーションは教材の論理構造を表し、リソースが実際のコンテンツの内容を定義する。本論ではアセスメントをSCOとしてLMSとコミュニケーション可能な形態とし、学習コンテンツはアセットとした。

また、オーガニゼーションは図6のようなアクティビティ・ツリーに動的に変換され、LMSはトラッキングモデルを利用してこのアクティビティのシーケンシングを動的に制御する。また、学習目標を外部から与えることにより(グローバル学習目標),様々な学習者のレベルに対応した複数の学習目標の設定と、その達

成の判断に基づいたシーケンシング制御も可能となる

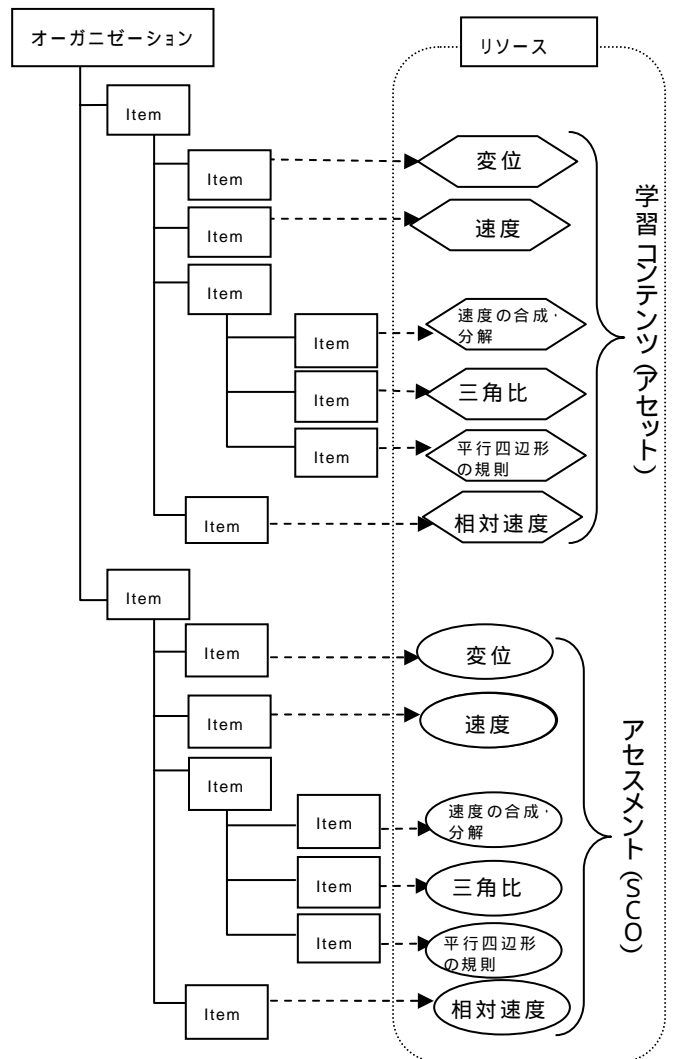


図5 コンテンツアグリゲーション

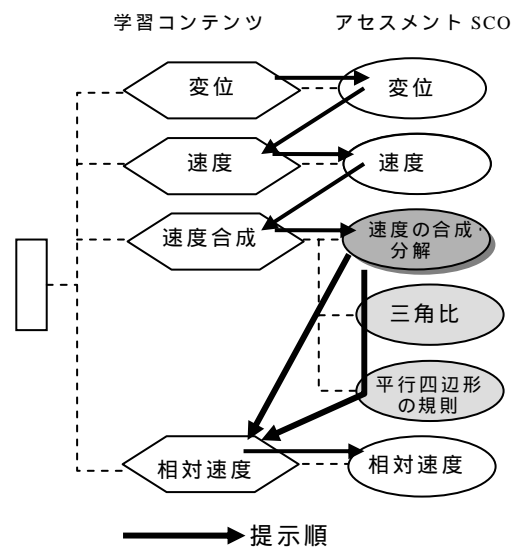


図6 アクティビティ・ツリー

図6では、アセスメント（速度の合成・分解）の結果により又はに分岐される場合を示した。規定の学習目標をクリアしていない場合にはさらにその前提知識（三角比，平行四辺形の規則）を測定する経路（ ）に分岐し，つまずきの原因を探ることができる。目標をクリアした場合は，次の学習コンテンツに分岐（ ）する。

次に，4章で論じたCATをアセスメントSCOへ実装したイメージを以下の図7に示す。

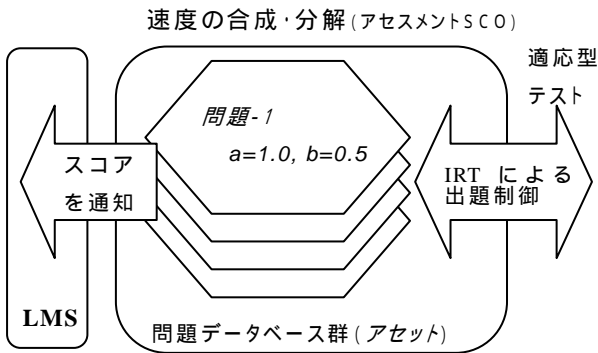


図7 アセスメントSCOへのCAT実装イメージ

アセスメントSCOは識別度パラメータ(a), 困難度パラメータ(b)を有するテスト問題群(アセット)を利用して，IRTモジュールで動的に出題される複数のテスト問題の結果を集計しスコア化する。さらに以下の図8のように，APIを通じてLMSにスコアを通知する。

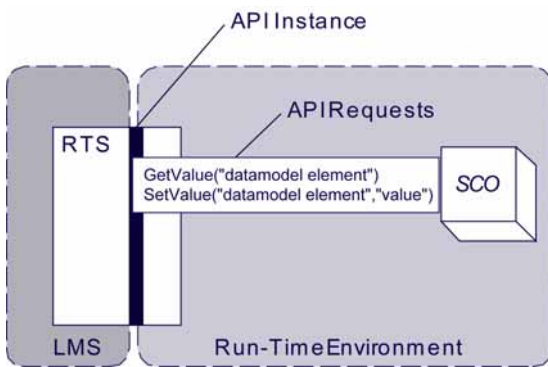


図8 APIを通したコミュニケーションイメージ [11]より引用

スコアを受け取ったLMSは学習目標とそのスコアを比較することで，学習目標の到達度評価および，その結果を反映した動的なシーケンシング制御を実行する。

6. 学習者へのフィードバック

eラーニングの特徴の一つとして，多くの参加者の行動記録（アセスメント結果等）を分析し，活用できる点が挙げられる。表1の「A.正誤情報」のようなアセスメント結果情報を蓄積し，複数の問題項目間の相関分析などにより誤答パターンを分析できれば，学習者にとっては有用な対策学習情報となってくる。細部の出来不出来の状態が可視化され学習者にフィードバックされることは，学習者自身が自分の理解度を把握する上で重要であると考えられる。

表1 正誤パターンと対策学習情報
：正答，×：誤答

テスト項目	変位	速度	速度の合成・分解			相対速度
			分解	三角比	平行四辺形の規則	
A. 正誤情報		×		×		
B. 対策学習リンク		速度1 速度2		三角比1 三角比2		
C. 再確認テストリンク		基礎問題 標準問題		基礎問題 標準問題		

さらに有効な対策学習の指針を学習者にフィードバックするためには，何を復習すればつまずいた箇所が理解できるようになるか，という知識ベースを確立することが必要である。しかし，3章でも指摘したようにつまずきの原因をアセスメント結果から判定する為には，アセスメントをその前提知識レベルにまで細分化して実施する必要がある。対策学習コンテンツの粒度もそれに対応しておく必要がある。

アセスメント正誤パターンの分析によるアドバイス提示の実現にはまだ課題が多いが，表1の「B.対策学習リンク」，「C.再確認テストリンク」のような誤答箇所に対応した対策学習情報の提供は可能である。各学習コンテンツやアセスメントがレベル別の複数のバージョンを準備して，それがメタデータにより分類されていればそのメタデータを検索して対策学習コンテンツを発見，提示できる。

教育情報ナショナルセンター(以下 NICER)が公開している学習コンテンツも図9のようなSCOと同様のメタデータを活用して分類されており[12]，eラーニングシステムで活用する際の参考にすることができる。

項目名	説明
LOM ID	プロジェクトごとのプレフィックスが付加された一意な ID
タイトル	30文字以内を目標(超えても可)
概要	100字程度(超えても可)
キーワード	10以内
教育分野	幼児教育 初等中等教育 高等教育 職業教育 生涯学習 高技能学習 特別支援教育 その他
大分類	教材 学習指導案 教員研修など
分類	学習指導要領から選ぶ場合は 学校種 - 教科 -- 学年/分野 --- 内容 ---- 詳細 (発展的内容かどうか) その他の登録も可能

図 9 NICER の LOM 項目一覧
[12]より一部を引用

一方、自己のつまづき箇所を認識している学習者にとっては、図 10 のような主体的に復習コンテンツを検索できるインタフェースも有用である。これもメタデータの検索により実現可能である。



図 10 NICER の検索インタフェース
[12]より一部引用

7. おわりに

本論文では e ラーニングに CAT を統合することにより、学習者の理解度を細かく測定してその結果に対応して動的に学習課題を提示する方式を提案した。さらにアセスメントと e ラーニングシステムが SCORM

で標準化されつつある手順を利用して連携できる点を示した。

今後初等中等教育分野へも e ラーニングが適用されてくる傾向がでてきているが、その場合学習に対するモチベーション維持のためにも本論文で提案した仕組みの重要性がより高まってくることが予測される。

現在 LMS ベンダー各社は学習者のドロップアウト対策として、メンター、チューターサービスを充実させる傾向にあるが、学習者の精神的なサポートや学習者からの質問にメールや BBS で回答するという水準にとどまっている。

本論文における適応型 e ラーニングシステムは多様な学習者の学習状態を把握し学習コンテンツそのものを学習者のレベルに対応させようとする本質的なアプローチである。

これまでアセスメント技術は専ら学習者を選抜する手段として広く認識、活用されてきた傾向がある。もっと日々の学習活動や教授活動を改善するためにアセスメント技術を活用するという視点を持ち、e ラーニング技術に統合して研究する必要がある。

今後の課題は本論文でも指摘したように、多くの学習者の学習結果情報の収集、分析とその活用である。また、CAT 型アセスメントのメタデータの整備も経験の少ない領域であり、精度の維持等の課題がある。

筆者らは現在まだシステムの設計段階であり、実証による検証はできていない。今後実験システムを使って実際に検証を進める予定である。

文 献

- [1] アメリカ高等教育における e ラーニング
吉田文 東京電機大学版局 2003/3/20 初版.
- [2] SCORM Content Aggregation Model Version 1.3
Advanced Distributed Learning 2004/1/30.
- [3][4] Integrated E-Learning Wim Jochems, Jeroen van Merriënboer, Rob Koper, RoutledgeFalmer 2004.
- [5] 教育評価 梶田叡一 有斐閣双書 1983/8/30 初版.
- [6][7] Educational Measurement Third Edition
Robert L. Linn American Council on Education 1998.
- [8] 項目反応理論 東京大学出版会 芝 祐順
1991/9/20 初版
- [9] 項目反応理論入門 高橋正視 株式会社アイデア
2002/11/24 初版
- [10] Global Test of English Communication
ベネッセコーポレーション
<http://www.benesse.co.jp/gtec/index.html>
- [11] SCORM Run-Time Environment Version 1.3
Advanced Distributed Learning 2004/1/30
- [12] 教育情報ナショナルセンター(NICER)
<http://www.nicer.go.jp/>