

物理学の既修・未修の差を吸収する トレーニングベースコンテンツの開発

合林 亨[†] 市川 聡夫[‡] 安仁屋 勝[‡] 伊藤 喜久男[‡]
太田 泰史[†] 松尾 大介^{*} 宇佐川 毅[†]

[†]熊本大学総合情報基盤センター 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1

[‡]熊本大学理学部理学科 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1

^{*}熊本大学大学院自然科学研究科 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1

E-mail: [†] go@cc.kumamoto-u.ac.jp, [‡] {ichikawa, aniya, itoh}@gpo.kumamoto-u.ac.jp,
[†] ohta@cc.kumamoto-u.ac.jp, ^{*} d-matsuo@st.eecs.kumamoto-u.ac.jp, [†] tuie@cs.kumamoto-u.ac.jp

あらまし 熊本大学では、学生の高等学校での履修履歴や修得度のバラツキを吸収し、総合大学としての専門基礎科目の教育水準を高度化するための教育手法を構築することを目的とした「総合大学における理数系基礎教育のIT化-理数科目の既修・未修の差を吸収するトレーニングベースコンテンツの開発-」を進めている。この取り組みの1つとして、理学部の理学基盤科目である物理学 I および II の講義で実施された小テストおよび演習問題をWebCT上で行えるテストコンテンツとして公開した。

キーワード WebCT, e-Learning, テスト, 専門基礎, 物理学

Development of training based contents that support both beginners and skilled students in Physics

Tohru GOUBAYASHI[†] Fusao ICHIKAWA[‡] Masaru ANIYA[‡] Kikuo ITOH[‡]
Yasushi OHTA[†] Daisuke MATSUO^{*} and Tsuyoshi USAGAWA[†]

[†] Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University 39-1, Kurokami 2-chome, Kumamoto, 860-8555 Japan

[‡] Faculty of Science, Kumamoto University 39-1, Kurokami 2-chome, Kumamoto, 860-8555 Japan

^{*} Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University 39-1, Kurokami 2-chome, Kumamoto, 860-8555 Japan

E-mail: [†] go@cc.kumamoto-u.ac.jp, [‡] {ichikawa, aniya, itoh}@gpo.kumamoto-u.ac.jp,
[†] ohta@cc.kumamoto-u.ac.jp, ^{*} d-matsuo@st.eecs.kumamoto-u.ac.jp, [†] tuie@cs.kumamoto-u.ac.jp

Abstract In Kumamoto University, We carried forward the project “Making basic education of science and mathematics to IT at integrated university - Development of training based contents that support both beginners and skilled in Physics -”

It is because of reducing the gap of student's master level and their career of finishing in their high school. And we construct the educational level in order to upgrade the educational level of professional basic subject. In this project, we opened the test content on WebCT. This test content is mini test and exercise that are executed in science basic subject Physics I and Physics II in Faculty of Science.

Keyword WebCT, e-Learning, Test, Professional basic subject, Physics

1. はじめに

現在、熊本大学では理学部及び工学部の専門基礎教育において実施する数学及び理科分野のトレーニングベース e-Learning コンテンツを作成することで、学生の高等学校での履修履歴や修得度のバラツキを吸収し、

総合大学としての専門基礎科目の教育水準を高度化するための教育手法を構築することを目的とした「総合大学における理数系基礎教育のIT化-理数科目の既修・未修の差を吸収するトレーニングベースコンテンツの開発-」を進めている。この取り組みの1つとして、2004年度後期から理学基盤科目である物理学 I

(前期開講) および II (後期開講) の講義で実施された小テストおよび演習問題を WebCT の質問データベースに蓄積し、テストとしてコンテンツ公開を行った。

2. 実践内容

物理学 I および II の講義は既修者が 2 クラス、未修者が 1 クラスに分かれて同一のテキスト (高校の段階で物理を履修していない学生でも理解できるように書かれた平易なもの) で行なわれており、講義中に実施された小テストおよび演習問題 (教員によって実施回数は異なる) を WebCT のコンテンツにした。今回は『成績には影響しない復習のための補助教材』という位置づけで学生に公開した。

2.1. 2004 年度後期

2004 年度後期は WebCT の質問データベースの構築とコンテンツの試験的公開を同時進行させるために次の作業を行った。

- 物理学 I および II の講義を担当している市川 聡夫 助教授、安仁屋 勝 教授、伊藤 喜久男 教授の協力により、これまでの講義で使用した小テストと演習問題 (紙・Word 文書・TEX 文書) を入手。(図 1~3)
- 問題を WebCT の質問データベースに入力。質問形式は 5 種類の形式 (選択・整合・計算・短答・記述) の全てを使用 (表 1)。
- 後期分 (物理学 II) の問題は授業の進行状況に合わせて公開。小テストは自動採点が可能な選択形式の問題が主なので点数が出るよう、また演習問題は自動採点が不可能な記述形式の問題がほとんどなので点数が出ないよう設定。問題は『章・担当教員・講義実施日』で分けて管理。

物理学 I (担当: 市川) 小テスト (1 回目: 2005 年 4 月 21 日)

学生番号: _____ 氏名: _____

- 1) 次の物理量のうち、基本量でないものを○で囲め。: 圧力、体積、面積、密度、速度
- 2) 正しいものを○で囲め。 科学的な仮説は: a) 科学的な方法によって検証する必要がないもの、b) 物理法則である、c) 推測である。
- 3) 国際単位系(SI)における次の物理量の基本単位を記号で書け。(例) 長さ [m]
質量 [], 時間 [], 物質 []
- 4) 体積が $V = 3 \text{ m}^3$ で、質量が $m = 27 \text{ kg}$ の物体がある。この物体の密度を求めよ。単位もつけること。
- 5) 密度の次元 [ρ] を L (長さ), M (質量), T (時間) を使って書け。

図 1 小テスト 1 回目 (2005 年度前期実施)

物理学 I (担当: 市川) 小テスト (10 回目: 2005 年 6 月 30 日)

学生番号: _____ 氏名: _____

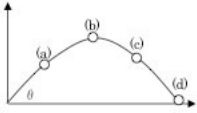
- 1) 角度 θ でボールを投げると図のように放物線を描いて地面に落ちてきた。空気の抵抗や回転運動などは無視できるとして以下の問いに記号 (a) ~ (d) で答えよ。値が同じ場合は全て答えよ。
 (i) 運動エネルギーが最大の位置はどこか?
 (ii) 位置エネルギーが最大の位置はどこか?
 (iii) 力学的エネルギーが最大の位置はどこか?

- 2) 20 kg の岩が 8.0 m の高さから落ちてくる。運動エネルギーが位置エネルギーの 3 倍になる高さはいくらか。なお、空気の抵抗などは無視し、位置エネルギーの基準点は 0 m の高さとする。

図 2 小テスト 10 回目 (2005 年度前期実施)

なお、問題および解答の中の複雑な数式の入力は当初 WebCT の数式エディタを用いていたが、Java Servlet の動作が遅く作業に時間がかかったので、快適に動作する Word の数式エディタを用いて画像を作成して html の img タグで貼り付ける形式を採用した。

2.2. 2005 年度前期

本格的な公開の開始である 2005 年度前期は、2004 年度後期で質問データベースに蓄積していた前期分 (物理学 I) の問題を次のような改善を行った上で公開した。

- 問題を『章・担当教員・講義実施日』で分けて管理していたが、『章・節』での管理に変更。
(理由: 重複する問題の存在と、今後再利用する際の利便性を考えて)
- WebCT のメール機能の使用を開始
(理由: 2004 年度後期から使用するつもりだった)

形式	2004 年度後期 (物理学 II)		2005 年度前期 (物理学 I)	
	小テスト	演習問題	小テスト	演習問題
選択	69	0	75	0
整合	2	0	14	0
計算	6	0	9	0
短答	11	2	9	1
記述	0	147	0	184
計	88	149	107	185
合計	237		292	

表 1 質問データベースに入力した問題の数

たが、メールが殺到するのではという懸念から躊躇していた.)

- 2005 年度前期に実施した小テストと演習問題を pdf 化して公開. 演習問題は解答例も同時に公開. また, 補足資料 (図 4) や定期試験の解答例も公開.

(理由: 過去の問題を再度学習させることに加え, 欠席したりプリントを紛失したりした学生への配布のため.)

- Q&A の作成.
(理由: メールからの質問への答えを公開することで, 他の学生にも理解を深めてもらうため.)
- シミュレーションを含んだ物理教材を公開している Web サイト (他大学) へのリンク集の公開.
(理由: 授業中に URL を紹介するより WebCT からクリックするだけの方が利便性が高いと考えたため.)

2005/7/7
市川 聡夫

演習問題 5 (基礎科目 物理学 II)

- 次の量の次元を求めよ。(長さ L , 質量 M , 時間 T)
圧力 圧力×体積
- 華氏 911 度はセルシウス度で何度 (°C) か。絶対温度では何度 (K) か。
- 1 kg のアルミニウムの容器に水 20 kg が入っており, どちらも 12°C だとする。加熱してどちらも 20°C にするのに必要な熱量はどれだけか。
- 質量が 0.5 kg, 温度が 20°C の容器がある。0.18 kg の沸騰した水をその中に注ぐと, 最後の温度は 80°C になった。容器の素材の比熱はいくらか。
- 次の三つの熱エネルギーに関する単位の間関係を示し, 最大のものを選び。
キロカロリー (kcal), カロリー (cal), ジュール (J)
- 5°C の水 0.1 kg を 4°C の水に変えるのに必要な全熱量を計算せよ。
- 0°C, 1 気圧 ($= 1.013 \times 10^5$ Pa) のときに 1 モルの理想気体は 22.4 リットルの体積を占める。これより, 気体定数 R の値を求めよ。
- 一辺 L の立方体の容器 (体積 V) 中に質量 m の N 個の単原子気体分子が閉じ込められている。分子間および分子と容器の間は弾性衝突とした場合, 以下の量を求めよ。
(a) 一個の分子が容器に平均して与える力 (v_x を用いて答えよ)
(b) 圧力 (分子の平均 2 乗速度 \bar{v}^2 を用いて答えよ)
(c) 分子一個当りの運動エネルギー (理想気体の状態方程式と比較して, 絶対温度を用いて答えよ)
(d) 気体全体の運動エネルギー
- 理想気体の二乗平均速度が次の式で表せることを示せ。
$$\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_0}}$$

ただし, m は分子 1 個の質量, M_0 は分子量である。
[ヒント: 分子 1 個当りの運動エネルギーは $E_k = \frac{3}{2}kT$ である。]

図 3 演習問題 5 の一部 (2005 年度前期実施)


スカラー積 (内積)

なぜスカラー積と呼ぶか
高等学校の数学では内積と習ったかもしれない。わざわざ新しい名前を覚える必要があるのか、と思われるかもしれない。しかし、なぜスカラー積と呼ぶのか？ に対する答えは簡単である。2 つのベクトルを掛けた結果がスカラーになるので、スカラー積である。それだけなのだ。だから、2 つのベクトルを掛けた結果がベクトルならばベクトル積である。(裏を参照)

基本的性質
 $A \cdot B = AB \cos \theta$, $B \cdot A = A \cdot B$, $A \perp B \Leftrightarrow A \cdot B = 0$

成分表示
単位ベクトルに対して $i \cdot i = 1$ $i \cdot j = 0$ $i \cdot k = 0$ が成り立つので,
 $j \cdot i = 0$ $j \cdot j = 1$ $j \cdot k = 0$
 $k \cdot i = 0$ $k \cdot j = 0$ $k \cdot k = 1$

$A \cdot B = (A_x i + A_y j + A_z k) \cdot (B_x i + B_y j + B_z k)$
 $= A_x i \cdot B_x i + A_x i \cdot B_y j + A_x i \cdot B_z k$
 $+ A_y j \cdot B_x i + A_y j \cdot B_y j + A_y j \cdot B_z k$
 $+ A_z k \cdot B_x i + A_z k \cdot B_y j + A_z k \cdot B_z k$
 $= A_x B_x + 0 + 0$
 $+ 0 + A_y B_y + 0$
 $+ 0 + 0 + A_z B_z$
 $= A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$



ベクトル間の角度
 $\cos \theta = \frac{A \cdot B}{AB} = \frac{A \cdot B}{|A||B|}$

方向余弦 (ベクトルの各座標軸との角度の余弦)
 $(\cos \theta_x, \cos \theta_y, \cos \theta_z) = \left(\frac{A \cdot i}{|A|}, \frac{A \cdot j}{|A|}, \frac{A \cdot k}{|A|} \right) = \frac{1}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}} (A_x, A_y, A_z)$

微分
 $\frac{d}{dt}(A \cdot B) = \frac{dA}{dt} \cdot B + A \cdot \frac{dB}{dt}$

図 4 補足資料『スカラー積 (内積)』

3. 利用状況と考察

3.1. 2004 年度後期と 2005 年度前期の比較

2004 年度後期, 2005 年度前期それぞれの学生の WebCT 利用状況を表 2, 3 に, またコンテンツページへのアクセス状況を図 5 に示す。

	総 計	既修者	未修者
受講者 (人)	211	118	93
WebCT 利用学生 (人)	82	47	35
利用率 (%)	38.9	39.8	37.6

表 2 2004 年度後期の WebCT 利用状況

	総 計	既修者	未修者
受講者 (人)	216	127	89
WebCT 利用学生 (人)	137	55	82
利用率 (%)	63.4	43.3	92.1

表 3 2005 年度前期の WebCT 利用状況

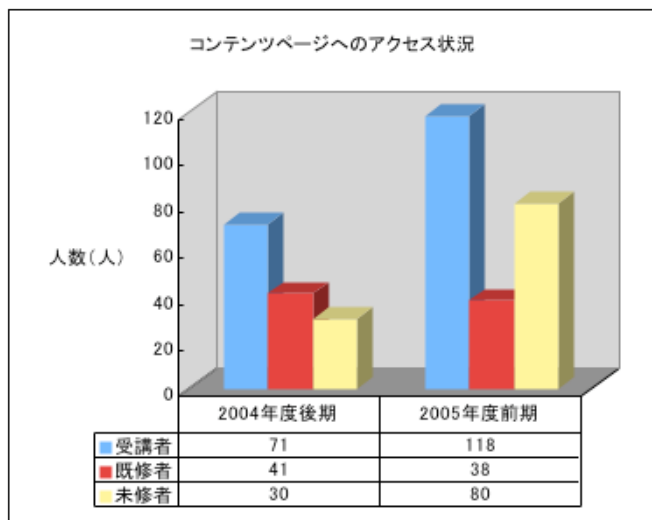


図 5 コンテンツページへのアクセス状況

2004 年度後期と 2005 年度前期の利用状況を比較すると、WebCT の利用学生の増加、特に未修者の利用が急増している。その要因として次のことが考えられる。

- 2004 年度後期は既修者クラスを担当していた WebCT の管理・運営担当教員が、2005 年度前期では未修者クラスを受け持つことになり、この教員が頻繁に WebCT 利用のアナウンスを行った。
- 授業中に実施した演習問題の解答例や参考資料などを WebCT 上で公開した。

3.2. 2005 年度前期の分析

先ずオンラインテストの利用状況について考察する。オンラインの小テストの実施状況を図 6, 7 に示す。

これを見ると、最初は多くの学生が小テストを実施しているが早い段階で減少していき、第 1 章 6 節からは横ばい状態になっている。さらに詳しく履歴を調べると横ばい状態のところでは既修者も未修者も毎回決まった学生だけが実施していた。演習問題についてもほぼ同様な傾向が見られた。

このことから、多くの学生はオンラインテストの実施に価値を見いださなかったことが伺える。その要因としてはオンラインテストの結果が最終成績に一切加味されないことや、授業中に実施したテストとほぼ同じものを WebCT 上で繰り返し学習する意欲が無いこと、さらに物理学は自分の手で計算などをすることが多いためパソコンで学習する必要性を感じていないことなどが考えられる。

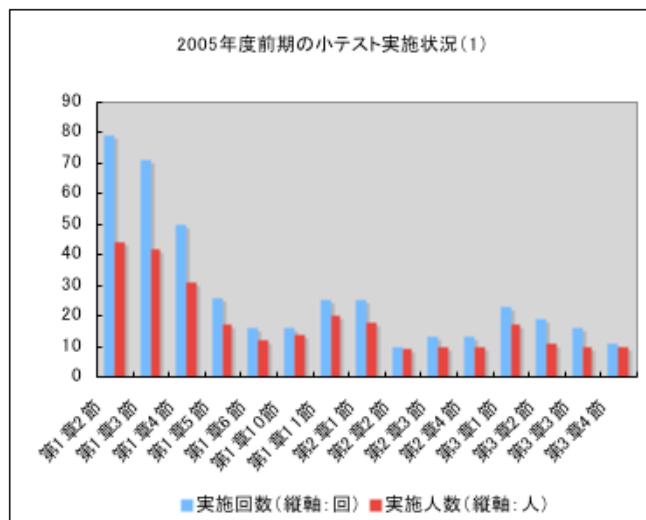


図 6 2005 年度前期の小テスト実施状況 (1)

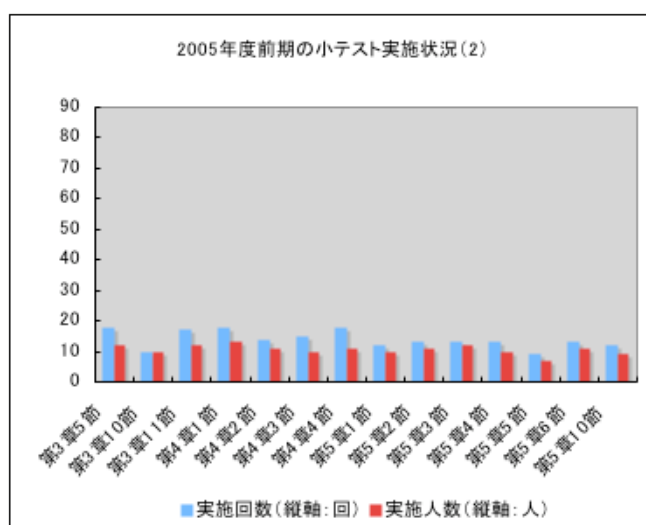


図 7 2005 年度前期の小テスト実施状況 (2)

次に公開資料 (pdf 化した小テスト) へのアクセス状況について考察する。未修者クラス担当教員が公開している資料へのアクセス状況を図 8, 9 に示す。

図 8 を見ると、初回的小テストはアクセスが多いが 2 回目以降はほとんどアクセスが無い。オンラインテストの利用状況と併せ、初期の段階では「物珍しさ」もあって多くの学生がアクセスすることが判明した。初期 (特に初回) にアクセスした多くの学生を次回以降もアクセスさせる工夫を加えることによって、継続的なアクセスを促すことも可能と考えられる。

また、図 9 を見ると、演習問題自体へのアクセスは少ないものの、解答例へのアクセスがかなり多いこと

が分かる。Q&Aにも多くのアクセスがあった。

このことから、WebCTは日頃の予習・復習への活用よりも試験対策として（のみ）利用されており、学生は問題の解答例やQ&Aに「テスト対策」のマテリアルとしての利用価値を見いだしていることが伺える。“テストの解答を手元に置くことで安心する”という学生を減らし、日頃の学習での利用を促進するためにも、資料の公開方法や周知のためのアナウンスにも工夫が必要なのではないかと考えられる。

最後に成績について考察する。2005年度前期の成績分布を図8に示す。未修者はほとんどの学生がWebCTを利用しているので「既修者でWebCTを利用していない学生」「既修者でWebCTを利用している学生」「未修者」の3グループに分類することができる。

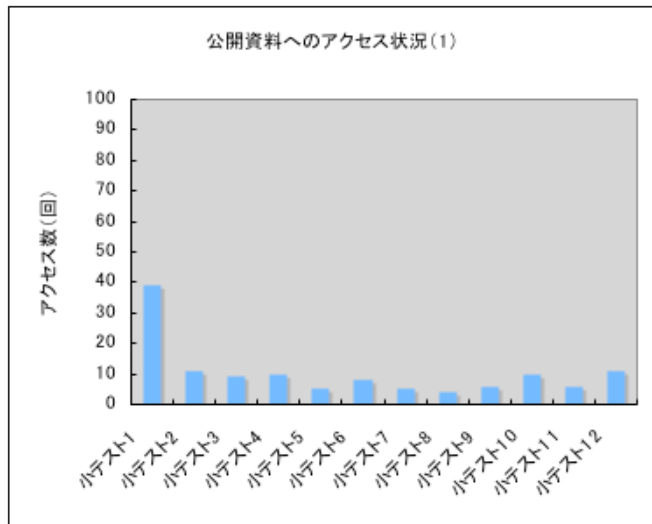


図8 公開資料へのアクセス状況(1)

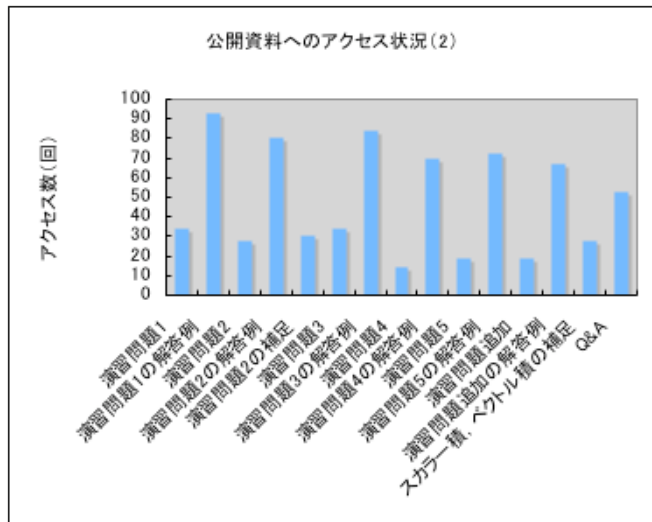


図9 公開資料へのアクセス状況(2)

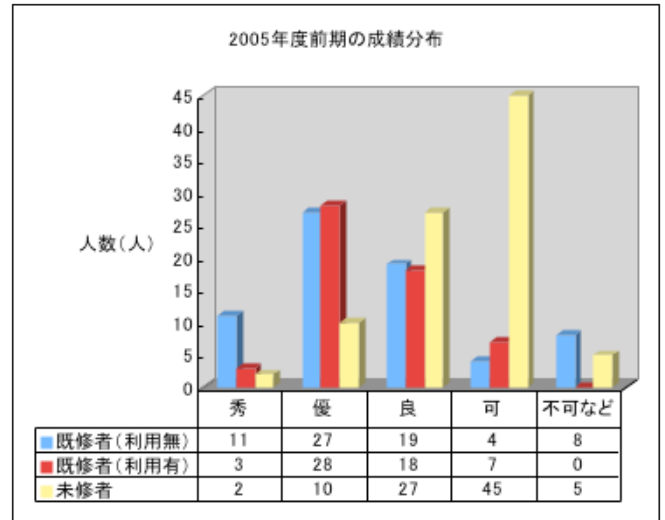


図10 2005年度前期の成績分布

これを見ると既修者はWebCTの利用の有無に関わらず「優」の学生が多く、成績の高い方に分布が偏っているが、未修者は「可」の学生が多く、成績の低い方に分布が偏っている。従って、このプロジェクトの目標である『既修・未修の差を吸収する』という点から考えると、既修者と未修者のギャップは埋まってないことは明らかである。

このようなことから、今回WebCTのコンテンツが未修者の学習の補助として有効に活用されたとは言えない。

4. まとめと今後の展望

現在、2005年度後期用のコンテンツ作成において、新たに次のような作業を行っている。

- 演習問題（記述形式）をhtml化して資料として公開
（理由：記述形式の問題は自動採点できないのでテストとして公開する必要が無い。）
- 用語集の作成
（理由：将来、演習問題やQ&Aなどで単語をク

リックすると意味が分かるようなシステムを構築するため.)

さらに、テストの問題をランダムに表示させるために質問データベースへの問題の追加やシミュレーションプログラムの作成を検討しており、既修と未修の差を効率良く吸収するコンテンツの完成を目指している。

また、WebCTのコンテンツを物理学の効果的な補助教材とするための今後に向けての課題として以下の3点を検討している。

- オンラインテストの結果を成績に加味する。
- オンラインテストの解答へのフィードバックをさらに充実させ、学生の繰り返し学習の意欲を高める。
- 様々な資料・用語集・JAVAなどによるシミュレーションプログラムを作成し、パソコンでなければ表現できないコンテンツを充実させる。

文 献

- [1] 合林, 松尾: 物理学のテストの Web コンテンツ化と WebCT 入門の改訂, 熊本大学総合情報基盤センター2004年度広報, 2005.
- [2] 株式会社エミットジャパン, WebCT A to Z, 2004-2005.