

予習復習環境の改善による 疑問解消型授業支援システムの開発

Development of lecture support system for improving the learning cycle of preparation, class and review

大和 裕幸¹ 満行 泰河¹ 安藤 早紀¹ 中村 覚¹ 廣井 貴彬¹

Hiroyuki Yamato¹, Taiga Mitsuyuki¹, Saki Ando¹, Satoru Nakamura¹ and Takaaki Hiroi¹

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

Abstract: This paper proposed the lecture support system for realizing effective learning for students. For effective learning, students have to prepare and review their class. Teacher gives the class based on students' understanding. For supporting this learning environment, developed system can manage the materials of class on the web. Students can attach their questions to the materials as metadata in this system. Developed system was applied to "System Control Theory" class in the University of Tokyo. Results show the academic achievement of students who prepared this class was improved. In addition, teacher could update the materials of this class effectively by using the information of students' questions.

1. 緒言

大学の教育力向上が求められている。学生の授業理解度を高めていくためには、予習・復習を繰り返す、学生の取り組みを授業や教材に反映させていく必要がある。学生の理解状況を把握するためにはITを活用した Blended Learning の手法が有効である[1][2]。また、LMS(Learning Management System)をプログラミングの授業に活用して学生に予習復習を課すことで成果をあげた研究事例が存在する[4][5]。

東京大学で活用されている学習管理システムCFIVE[3]は事務作業の省力化に留まり、授業を改善していくための活用はできていないのが現状である。本研究ではCFIVEの利用を前提として、学生の授業理解度を高め、学力を向上させることを目的として理想的な授業環境の検討を行った。これの実現を支援するためのシステムを開発し、実際に東京大学工学部で行われている授業に導入することでその効果を検証する。

2. 提案する授業手法

2.1 対象とする授業の要件

大学で行われる授業には座学やグループワーク、実習などの様々な種類の授業が存在する。本研究で

は、座学を中心とし、ある程度の予習が求められるほどの難易度である授業を対象とする。また、前の授業を理解しないと次の授業が理解できない積み上げ式のカリキュラムであり、授業時間を増やすことのできない授業を対象とする。

2.2 理想とする授業の要件

本研究では、①学生が家庭学習時に抱いた疑問が授業内で解消される、②学生の理解度が授業や教材に反映された状態で授業が行われる、という2点の実現を目指す。本研究ではこのように教員が学生の理解度に基づいて授業を行う形態を“疑問解消型授業”と定義する。また、学生・教員の負担の増加が許容できる範囲に収まることを前提とする。

上記の目的を達成するために、本研究ではCFIVEを予習・復習における教員と学生との情報共有基盤として活用する。また、オンラインで予習・復習時の疑問点を教員に伝え、学生の授業ノートを整理して一覧するための場をシステムとして提供し、上記の要件を満たす授業環境を構築する。

2.3 疑問解消型授業手順と環境

本研究で提案する疑問解消型授業手順の例を図1に示す。学生は授業の前にCFIVEを通じて授業教材

をダウンロードして予習を行い、予習段階での疑問点を教員に伝える。教員は学生の疑問点をもとに授業を行い、学生は予習教材を補足する形でノートを取る。授業後には学生のノートを回収し、学生がノートに記述したメモを参考にして教材の改訂を行う。

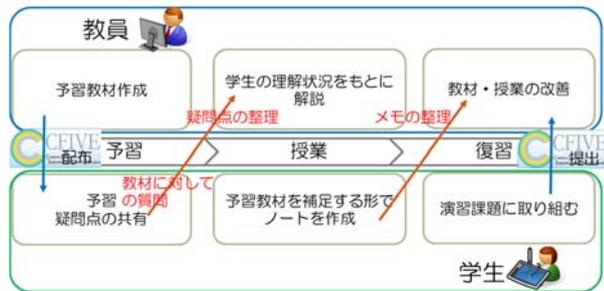


図 1. 提案する疑問解消型授業手順

図 1 の授業手順を達成するために、本研究で提案する授業環境を図 2 に示す。提案する授業環境は、教材や課題の共有のための学習管理システム CFIVE と、CFIVE を補うために開発したノートシステムから構成される。CFIVE は、教材・課題等の授業資料を学生と教員間で共有するプラットフォームを提供する。ノートシステムは予習・授業・復習の各段階において学生が教材に書き込んだメモや疑問点を授業に反映しやすいように整理し、教員の授業改善の支援を行う。

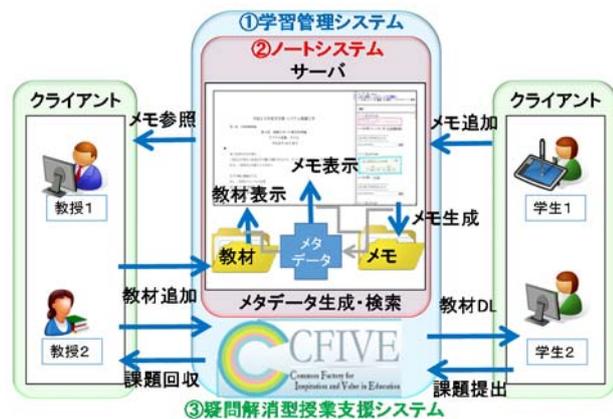


図 2. 提案する疑問解消型授業環境

3. 開発したノートシステム

図 3 に開発したノートシステムの全体像を示す。開発したノートシステムはブラウザ上で使用するウェブアプリケーションの形で、学生と教員の両方に提供される。学生は、ウェブ上で共有された教材に対して、テキストや画像でメモを付与する。付与さ

れたメモに関しては教材のメタデータとしてシステム上に保存され、教員と共有することが可能となる。教員は、学生の予習・復習時の疑問点を図 4 に示すインターフェイスから参照しつつ授業を行うことで、疑問解消型授業を実現する。授業後には学生が授業中に取ったメモを参考に教材を改訂する。

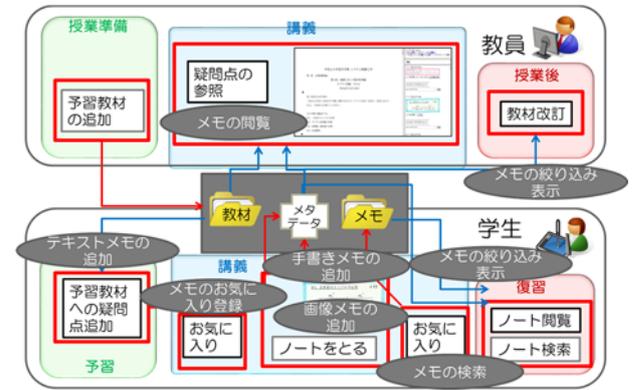


図 3. 開発したノートシステム全体像

予習の段階では、それぞれの学生が分からなかった箇所を、開発したノートシステム上でメモとして記入する。記入したメモは図 4 の右側にあるメタデータ表示欄で表示される。記入したメモは本人以外にも閲覧することが可能であり、他の学生が同様の疑問点を登録したメモを発見した場合に、メモの下にある『聞きたい!』ボタンを押すことで、その人数を集計が集計される。これにより、多くの学生が疑問を持った内容を優先的に解決していくことが可能となる。

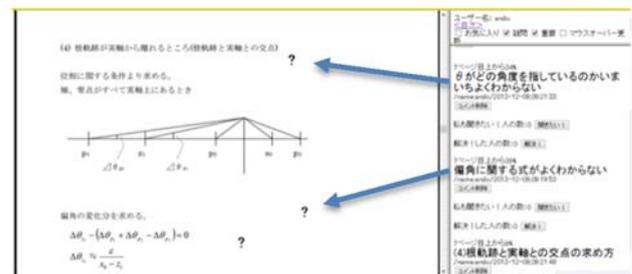


図 4. 開発したシステムのインターフェイス例

学生が取ったメモに関しては、RDF(Resource Description Framework)形式で教材のメタデータとして保存される。開発したノートシステムは SPARQL 検索を通じてメモを検索・表示することが可能である。例えば、第 6 回の授業を行う際には、「第 6 回授業に対しての」メモを「1 ページ目から順に」「ページの中で上から順に」表示させる、という SPARQL 検索を開発したノートシステム上で行う。その結果、

学生の質問を授業で説明する順に整理して表示することが可能となり、学生の疑問点を把握する作業負担を軽減する。

さらに、本研究では、画像処理技術を用いて、授業後に学生の取ったメモの画像を抽出し、開発したノートシステム上で教材と関連付けて表示させるための情報を自動でタグ付けする機能を開発した。授業中には、学生はプリントアウトした教材にノートを書き込む。授業終了後には、学生のノートをスキャンし、スキャンしたデータに対して画像処理を行うことで学生の取ったそれぞれのメモを画像として抽出する。各メモ画像については、表 1 に示す「書き込まれた日時」「授業番号」「教材ページ番号」「教材ページ内の x 座標」「教材ページ内の y 座標」「コメントの種類」「画像ファイル名」等の情報を抽出する。抽出した情報を開発したシステム上で読み込み、RDF 形式で保存することで、スキャンした学生のノートから取り出されたメモ画像を教材と関連付ける。関連づけられたメモ画像に関する情報は、図 5 に示すマーカーで囲まれた部分のように表示される。この機能によって、文字だけでなく図や絵なども開発したノートシステム上に取り込むことが可能となる。

表 1. 各メモに付与されるメタデータ

項目	記述例
内容	ナイキスト線図
書き込まれた日時	2013/12/25 12:23:34
授業番号	6
教材ページ番号	1
教材ページ内の x 座標	23
教材ページ内の y 座標	47
コメントの種類	img
画像ファイル名	andolec6page1x23y47
お気に入り登録者数	1
お気に入り登録者名	nakamura
コメントの記入者	ando

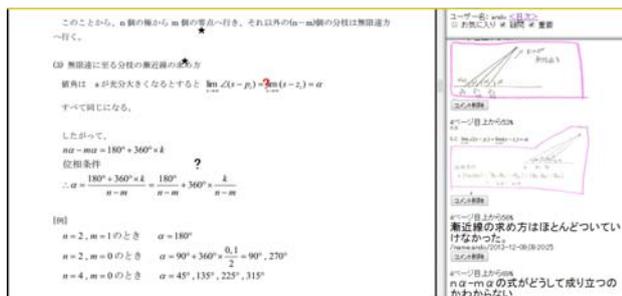


図 5. スキャン後のメモ情報を表示した例

4. 実証実験

4.1 概要

東京大学工学部システム創成学科の 2013 年度冬学期『システム制御工学』の授業において、提案手法と開発したノートシステムを活用した授業を行い、提案手法による疑問解消型授業の実現可能性について検討した。

システム制御工学は東京大学工学部システム創成学科の限定選択科目であり、主に工学部 3 年生が履修する科目である。対象とした授業のカリキュラムの概要を表 2 に示す。毎週冬学期の火曜日 1 限(8:40~10:10)に行われ、授業回数は 13 回、うち 1 回が期末テスト、9 回が授業、3 回が授業内での Scilab を用いたプログラミング演習である。

表 2. 2013 年度システム制御工学のカリキュラム

日程	授業内容
第 1 回(10/8)	イントロダクション
第 2 回(10/22)	ラプラス変換 その 1
第 3 回(10/29)	ラプラス変換 その 2
第 4 回(11/12)	Scilab 演習
第 5 回(11/19)	ラプラス変換 その 3
第 6 回(11/26)	フィードバックシステム フィードバックシステムの安定性
第 7 回(12/3)	根軌跡法
第 8 回(12/10)	状態空間法
第 9 回(12/17)	システムの安定性 行列論
第 10 回(1/7)	Scilab 演習
第 11 回(1/14)	状態変数変換とモード分解 最適レギュレータ
第 12 回(1/21)	Scilab 演習
第 13 回(1/28)	試験

2013 年度のシステム制御工学の履修登録者は 18 名であった。今回の授業は、教員 1 名、TA3 名と技術専門員 1 名で運営した。具体的には、教員は教材の改訂指示と授業での授業、期末試験問題の作成と採点を行った。TA は、教材の改訂、教材の CFIVE へのアップロード、予習確認テストの作成、教員不在時の演習授業の運営、授業内演習問題・予習課題・復習課題の作成、課題の回収・採点、授業後のノートの回収、メモ画像とメモ画像情報の抽出作業を担当した。また、技術専門員は授業で使用する教室環境の整備（プロジェクター設置など）を担当した。

4.2 実験における授業手順

まず、授業準備として、昨年度の授業教材に予習課題を追加し、CFIVEの教材配布機能を活用して事前に学生に配布した。また、開発したノートシステム上で教材を公開し、ノートシステムへの質問の記入を予習課題とした。

授業に関しては、図6のように教員が学生の質問を参照しながら授業を行い、授業内で質問が解消されたかどうかを確認した。また、授業中に出た質問についても、開発したシステム上に書き込みながら授業を行った。

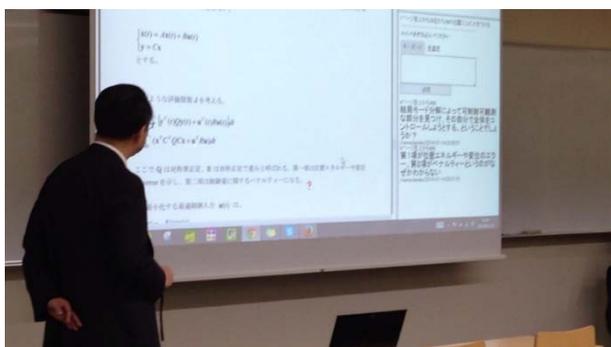


図6. システム上の質問を参照する授業風景

授業終了直後には、学生の取ったノートの回収・スキャンを行うことで、開発したノートシステムに取り込む作業を行った。

その後、次週までの課題として、学生には復習課題を解かせ、CFIVEの課題提出機能を利用して提出させた。また、教員とTAは開発したノートシステム上で学生が書いたメモを一覧しながら次年度の予習教材の改訂の検討を行った。

4.3 学生に与えた影響の評価

提案手法の有効性を予習課題、出席回数、復習課題、期末試験成績、学生へのアンケートから評価した。なお、期末試験を受験した学生は12名だった。

予習課題提出回数と復習課題平均点の相関係数が0.80だったのに対し、出席回数と復習課題平均点の相関係数は0.43であった。このことから、予習課題を取り組まずに授業に臨んでいる学生は、予習課題に取り組んだ学生と比べて復習課題の平均点が低かった。この結果、提案する授業方法に沿って勉強した学生の理解度向上に効果があったと言える。

次に、学生が復習課題を提出した回の情報をもとに、予習・出席と復習課題平均点の関連を分析した。出席した場合としなかった場合、予習課題を提出し

た場合としなかった場合のそれぞれのケースにおける復習課題成績の平均点を計算した結果を表3に示す。なお、表3におけるnは、復習課題提出の延べ人数を表している。表3より、授業に出ずに復習課題を提出するケースは少ないことが分かる。また、予習課題を提出した場合の成績は提出していない場合と比べて2割以上成績が高く、特に予習課題を提出した上で、出席する学生の成績が最も良いことが分かる。しかし、今回の実証実験では母数(受講生の総数)が少ないため有意な差であると認められない。

表3. 予習課題・出欠と復習課題の平均点の関係

	予習課題提出	予習課題未提出
出席	79.6 (n=35)	63.0 (n=5)
欠席	76.7 (n=3)	63.3 (n=3)

提案手法による学習効果を検証するために、前年度の期末試験結果との比較を行った。2012年度と2013年度の期末試験成績の平均点と標準偏差を比較した結果を図7に示す。なお、期末試験は2012年度、2013年度で異なる問題を使用したため単純な比較はできないが、期末試験の成績は昨年度より高く、特に予習課題の提出率が高い学生の成績が高いという傾向が見られた。また、期末試験の平均点に関しては2012年度と2013年度で20点以上の差が発生しているが、年度間の標準偏差に大きな差が見られなかった。この結果、提案手法によって学生の理解度が向上したと示唆される。

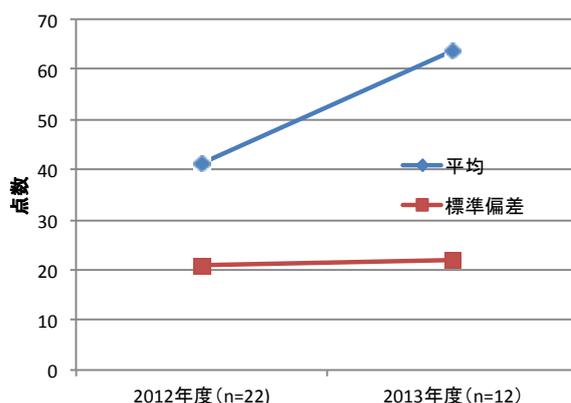


図7. 期末試験成績の比較

さらに、予習課題提出回数・出席回数・復習課題提出回数と期末試験成績の関係を比較したところ、予習課題提出回数、出席回数、復習課題提出回数の順に期末試験成績との相関が強いという結果になった。一方で、予習課題提出回数と期末試験成績との

相関は予習課題提出課題と復習課題成績との相関よりも弱いという結果になった。この理由としては、試験前の勉強によって、予習に取り組んだ学生と同程度の試験成績を得られる学生が存在するためであると考えられる。

また、授業手法の導入によって学生が得られたメリットとデメリットを評価するために、受講者に対してアンケートを行った。アンケートは期末試験終了後に実施し、期末試験受験者 12 名を対象とした。

まず、授業全体の満足度と授業全体を通じた学力向上効果の実感に関して 5 段階評価で評価を行った結果を図 8 で示す。授業の満足度については好意的な評価をする学生が 8 割弱存在し、学力向上効果については 9 割以上の方が好意的な評価をした。別のアンケート項目から、予習復習等の課題が多いことによる不満を持っている学生は数人存在していたが、全体として提案手法に対する学生からの評価は高いと言える。また、「他の授業でも予習・復習環境を整えてほしいと思うか」、「来年度も今年度の授業形式を継続すべきだと思うか」という質問に対して(はい/いいえ)の二者択一形式で回答を求めたアンケートの結果、いずれも 75%以上の学生が(はい)を選択した。授業に満足している学生が多いことを裏付けている。

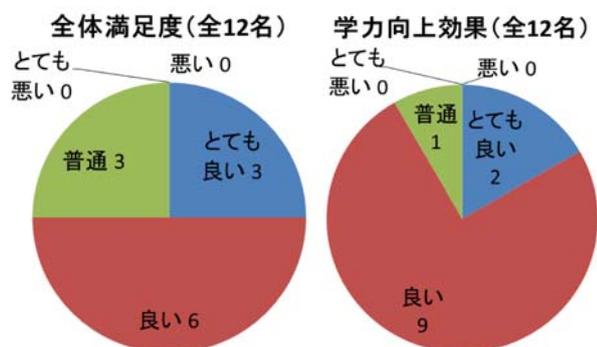


図 8. 授業満足度と学力向上効果に関するアンケート結果

次に、疑問解消型授業の効果に関して 5 段階評価で評価を行った結果を図 9 に示す。本研究では、予習で回収した疑問点を授業内で解消することで理解度の向上を目指した。予習における疑問点を授業で解決するスタイルを高く評価する学生は全体では 3 割程度であったが、予習課題提出者に限れば 7 割程度が予習で回収した疑問点を授業内で解消するスタイルの授業を高く評価した。

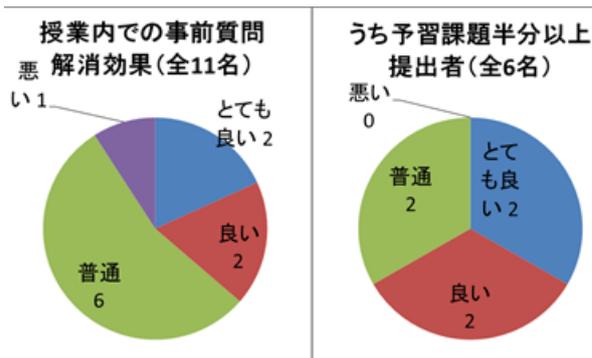


図 9. 疑問解消型授業の効果

実験を通して、ノートの取り方は予め資料を配布し、配布資料に対してコメントを書き込む形式を採用したが、不満の声はなく、「効率的に授業を聞くことができる」という意見が出たのみであった。

また、復習課題を課すことについては、9 割以上の学生が授業内容の理解に役立つと回答した。今回の実証実験では、予習課題の方が復習課題よりも提出の手間や分量が少ないのにもかかわらず、提出率は復習課題の方が高かった。一方で、授業手法全体の中で最も不満が大きかったのは復習課題の提出方法であった。復習課題を CFIVE にアップロードして提出するためにスキャンを行うという作業は、家庭にスキャンするための設備の整っていない学生にとって負担が大きかったという意見が出た。

4.4 教員に与えた影響の評価

提案手法を導入した場合における、教員と TA 側への影響について評価を行った。

授業準備段階では、前年度と比較して予習の導入による予習教材・予習課題作成の負担が大きかった。予習課題は、Word ファイルの作成に加え CFIVE 上のテストを作成する必要があり、毎回の授業準備のために 30 分~2 時間程度の時間を要した。また、予習・復習の導入で授業時間内で行っていたプログラミング演習の説明などを各自で取り組む形に変更したため、授業のカリキュラムを全体を考え直す必要があった。一方で、これらの作業は提案手法を導入する年度のみ負担が大きく、以後は初年度のものを基本として修正することで対応可能なため、2 年目以降の負担は重くないと考えられる。

授業に関しては、予習の導入によって短時間の説明でも学生が理解できるようになり、必要な授業時間が減り負担が軽減された。また、演習用プログラムのインストール、操作方法の習得にはマニュアルとサンプルのソースコードを CFIVE 上で配布し、授業の予習課題として取り組ませることで授業での説

明を省略することができた。これらの時間短縮効果により授業時間に余裕ができ、授業内容にプログラミングの演習課題を新たに追加することができた。

一方で、復習課題は、昨年度まで授業内で解いていた演習問題を再利用し、いくつか新しい課題を追加した。復習課題の回収は CFIVE 上でいき、TA が回収した課題をダウンロード、印刷及び採点を行った後に、次回の授業にて返却するという形式を採用した。これにより、授業内で回収して翌週に返却していた前年度の授業手順と比較し、負担が増える結果となった。

提出された予習課題の集計作業と、回収した学生のノートの分析作業には、開発したノートシステムを使用せずに 1 ページずつノートを確認していった場合には受講者 12 名に対し毎週平均 30 分程度の時間を要していた。一方、開発したノートシステム上で学生のメモを閲覧する提案環境では、授業・教材改訂につながる知見を数分で得ることができた。図 10 と図 11 で示すように、学生のメモを基に次年度の授業準備のため教材の改訂作業を行った際、開発したノートシステム上で学生のメモを閲覧しながらいき、効率的な教材改訂の検討が可能となった。

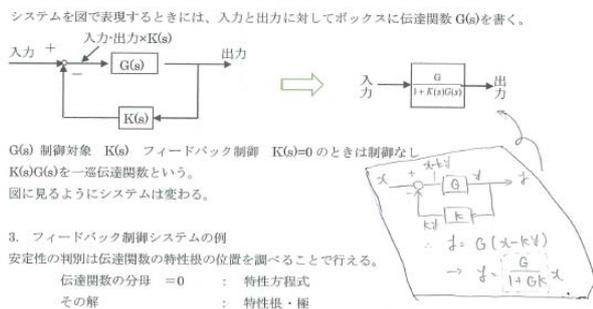


図 10. 学生の取ったメモの一例

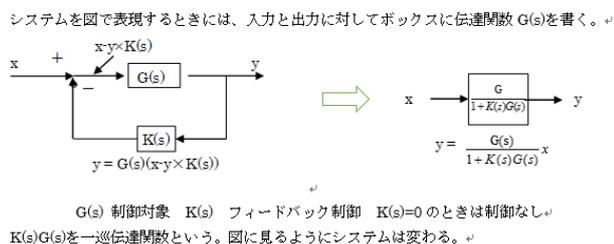


図 11. メモ(図 10)を元に改訂を行った後の教材

5. 考察

本研究では、CFIVE の活用とノートシステムの開発によって疑問解消型授業を実現した。その結果、学生の理解度が前年度よりも向上したことが示唆され、授業に関する満足度も高かった。この結果、提

案手法と開発したノートシステムは授業効果向上という目的に対して、一定の効果があることが示された。また、提案した授業環境の実現に必要な教員の作業負担に関しても、開発したノートシステムの活用によって削減することが可能になった。

一方で、予習課題の提出率を高めることはできなかった点や、タブレット PC と提案手法の導入による授業効果向上の検証に関しては、今後の課題として取り組む必要がある。

6. 結論

本研究では、理想的な授業環境として、学生の家庭での予習復習を促進し、彼らの疑問解消を中心とした授業を行う手法を提案し、その実現に必要なシステムを開発した。また、提案環境を実際の授業において実現することで、提案する授業環境と開発した授業支援システムの有効性を検証したところ、学生の予習による学習効果の改善が確認された。また、予習・授業時の学生の理解度や疑問点を把握し、授業・教材に反映させることが容易になった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、技術専門員の榎本昌一氏、修士課程の河野裕氏には多大なる協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- [1] D.Randy Garrison, Heather Kanuka: Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education, The Internet and Higher Education, Vol. 7, No. 2, pp. 95-105, (2004)
- [2] Maureen J. Lage, Glenn J. Platt, Michael Treglia: Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment, Economic Education, Vol. 31, No. 1, pp30-43, (2000)
- [3] 関谷貴之, 寺脇由紀, 尾上能之, 山口和紀: オープンソース学習管理システム CFIVE の開発と運用, メディア教育研究, Vol. 1, No. 2, pp. 73-81, (2005)
- [4] 荒川雅裕, 植木泰博, 冬木正彦: 授業支援型 e-Learning システム CEAS を活用した自発学習促進スパイラル教育法, 日本教育工学会論文誌, Vol. 28, No. 4, pp. 311-321, (2004)
- [5] 冬木正彦, 辻昌之, 植木泰博, 荒川雅裕, 北村裕: Web型自発学習促進クラス授業支援システム CEAS の開発, 教育システム情報学会誌, 第21巻, 第4号, pp. 343-354, (2004)