

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：35504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501164

研究課題名(和文) 協調学習支援システムによるグループ作業を組み込んだ工学系授業の実践

研究課題名(英文) Practicing Engineering Classes Incorporating Computer-Assisted Collaborative Learning

研究代表者

伊藤 紘二 (Itoh, Kohji)

山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：20013683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：電磁気学の授業に、タブレットPCによる協調学習支援システムを導入して、高度化を試みた。まず、毎回5～6名の2グループに、課外で復習テーマでの課題解決を行かせた結果を、授業で発表させたが、課題解決に時間がかかり過ぎ、担当外の学習者は、議論に参加せず、授業者は、事実上同じテーマの授業を2回やることになった。そこで、シナリオを変更し、毎回各3名からなる6～8チームに、2題の予習課題のプランニングを分担させ、授業においては、サーバに上げられた課題ごとに複数のプランの発表をさせ、授業者が発展的講義も交えて比較議論を誘導しながら問題解決を行わせることで、テーマをこなしつつ授業の高度化を図ることができた。

研究成果の概要(英文)：We tried to upgrade the performance quality of a class on electromagnetics by introducing tablet-PC-assisted collaborative learning. The first scenario consisted of 5-6 membered groups 2 of which was made collaboratively to solve review task problems, and, in the class, asked to make presentation of the solution process. It took, however, too much time for the groups to prepare for the class, and the other students would not participate in the discussion. Moreover, the teacher had practically to run the class twice with the same theme. Hence a new scenario was designed in which 2 preparatory tasks for the coming class was assigned to 6-8 teams of three members who uploaded their solution plans to the server. In the class the teacher asked the teams assigned each of the tasks to make presentations of their plans, and, guiding comparative discussion along with extensive lectures, could upgrade the performance quality of the class, as well as attaining the goal of the class.

研究分野：教育工学、情報通信工学

キーワード：予習課題 チーム作業 プランニング 発表 授業内協調学習 知識教材 協調学習支援システム 教材検索

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者が担当する工学系電気工学分野の教育においても、伝統的な大人数授業は、一方的な知識の伝達であるが、効率が良いと考えられている。しかし、世代による言葉遣いなどの約束事の違いと、前提となる「知恵」経験の有無や違いのために、知識伝達に使われる音声記号列や視覚記号列の意味が、伝わらない、あるいは、誤って受け取られていることは、確認のために課題を課す教員が、日常経験することである。

ところで、工学系高等教育において継承すべき知識の素性を考えると、人々の命と生活をささえるための問題を解くために、社会が合意して蓄積してきた知恵とその使い方と根拠を与えるものであり、こうした、知恵の成立における状況・身体依存性と社会性が、状況に埋め込まれた学習[1]を要請している。即ち、主体的な課題解決をグループで行うことを通して、汎化されて継承される知恵の使い分けを合意することが学習なのである。

従って、修了したら、ものづくりにせよ、サービス提供にせよ、人々の命と生活を支える仕事につく学生たちが受ける高等教育は、チームで行われる仕事の、現場でのよりどころとして必要となる基礎的な知恵を、課題解決を通じて合意しながら継承させるとともに、必要に応じてチームで学び、チームで問題解決を行う態度と方法を訓練する場である。

我々は、東京理科大学野田キャンパスにおいて、大人数授業をこのような場に作り変えるための方法を模索してきた[3][4]。これは、1つのテーマの講義を終えるごとに、課題を与えて、課外でグループ作業を行わせ、授業では、そのレポートをグループの代表に発表させながら、議論を行って、課題解決のリフレクションを行うものであった。

当時は、タブレット PC がまだ高価で、5台程度をクライアントとして Java RMI によりサーバ PC に接続してネットワークを構成し、紙のレポートをスキャナで取ってサーバに収めておき、授業では、配信されたレポートの上で、手描き画面を共有して代表の間で議論を行い、それをプロジェクトに出してフロアに見せていた。音声は別途、マイク音声を有線でミクサに集めて放送した。

結局、授業のための準備の手間の多さと、多数を占めるフロアから議論に参加できないことのために、目的は達せられなかった。

山口東京理科大に移ってからは、課外でのレポート作成の自由度を増やし、授業でのレポートの発表へつなげるために、Webサーバにデータベースを組み合わせ、タブレット PC 上でブラウザをクライアントする Web システムによる協調学習支援システムの開発をスタートさせ、途中から、科学研究費補助金(課題番号 21500920)の支援を受けて図 1 のようなシステムを試作し、実践を行う環境を作った[5][6][7][8]。

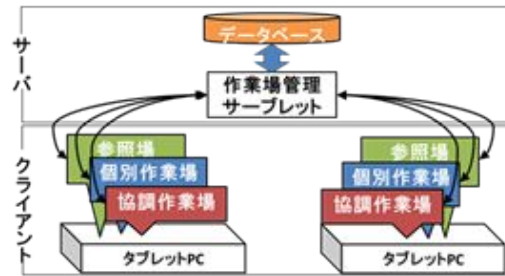


図 1 Web システムによる協調学習支援環境

課外活動での協調問題解決作業にネットワークを使い、手描きされたレポートをサーバに上げておいて、授業では、これをダウンロードして、グループによる発表と、それに基づく手描き画面の共有による議論支援にネットワークを使うという想定であった。タブレット PC を持たない学生は、プロジェクトのスクリーンで見えて参加することと、音声は、別途有線で配信する点は、先のプロジェクトと同様である。

開発の中で、グループでの課外活動は、課外の場合にせよ、授業内にせよ、個別場で作った提案を協調場にあげて、議論をすることによって行われるという想定で、協調学習支援環境は、協調作業場と個別作業場で構成することとした。

グループ作業の支援としては、参照場において、問題解決に使える教材を検索する仕組みを開発した。教材の記述のまとまりごとに、内容に関する意味構造の手がかり表現を編集して用意しておき、教材検索に際しては、学習者に、マップ表現による意味構造の作成をガイドして、検索キーを編集させ、手がかり表現とのマッチングを取って、カウントの高い順に教材のコンテンツと手がかりのマップ表現を表示し、それに基づいてキーの再編集もさせながら的確な検索を支援する。

現場における問題は何らかのデザインであり、その問題解決の方法は、一人合点と試行錯誤をさせ、チームにより、根拠を持って作られる階層的な問題解決過程の全体像としてのプランニングである。そこで、プランニングを支援するために、教材検索で見出された教材を参照場に表示するとき、プランニングの部品となる知識ユニットとして、コピーして接続できるように、知識のタイトル、それが含んでいて他のユニットに接続されるリンクをつけたボックスを表示した。

### 2. 研究の目的

現実に電磁気学の科目の授業で、チームによる問題解決を通して、使える知恵の合意された継承を達成するために、システムを利用した現実的で最良のアクションプランをデザインする。

### 3. 研究の方法

システムづくりで想定してきたシナリオプラン(Plan)に従った授業実践(Do)から始め

て、実践で明らかになる (Assess) 問題を解決するシナリオプラン(Plan)とそれを可能にするシステムの変更を提案して実践する PDA (Plan Do Assess) サイクルを、可能な範囲で行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 復習課題によるシナリオでの実践

平成 25 年度に実践を行ったプランでは、学部 2 年生を対象とする電磁気学のクラス 45 名を 5 名ずつの 9 班にわけた。班の作成に当たっては、グループを組みたいメンバを申告させて、それを尊重しながら行った。

授業は後期 16 回であったが、静電学の復習から電流の作る磁場を皮切りに、磁性体、電磁誘導、インダクタンス、力学・電気・電磁エネルギーの間の変換、そして電磁界、電磁波、アンテナまでをカバーする資料を 12 章に分けて作って配布した。授業の 1 回 (90 分) の講義は、およそ章の区切りの単位で行って最後に課題を与えた。一回に 2 班ずつ各 1 つの課題を与え、課外で各班に 5 台のタブレット PC を与えて、協調作業により、各班で互いに相談しながら銘々にレポートを作らせてサーバに上げさせた。解答を得るまで頑張るので、2 コマ分 3 時間以上の時間をかけていた。なお、当たっていない班の学生にも授業の前日までに、紙でレポートを提出させた。授業の準備としては、提出レポートにざっと目を通し、院生の TA が、無線でサーバに接続されるタブレット PC の配置とを行った。音声について、このときは、教室の無線マイクを複数用意して渡しながら、発話させた。計 10 台のクライアントのタブレット PC の割り当ては、5 名の各グループに 1 台だけであり、実際には、グループの代表が発表と議論を担当した。

班毎で 1 つの課題についての発表であったが、メンバによって異なる解答があり、2 つの班から出されたレポートについて、教員が議論を仲介しながら正解まで行き着くのに、フルに 1 コマ分を要した。誤った解答であったために、協調場での書き込みでのやり取りが紛糾した例を図 3 に示す。

このような時間配分であったために、課題を出すことができたのは 6 回ほどであって、補講も入れて 10 回程は講義だけとなった。

なお、教材検索にもなうプランニング支援のシステムが不完全であったので、教員がガイダンスを行った。

このシナリオの評価としては、復習であるから、解答は、最後までと考えて、各班は、レポートに相当な時間をかける結果となっており、多くの科目での課外の時間を考え合わせると学生への負担が過重で、現実的でない。また、授業は、既に講義の済んでいる部分を問題解決にあわせてもう一度たどることになっていて、授業時間数の限界から、科目がカバーする主要な知識について、もれな

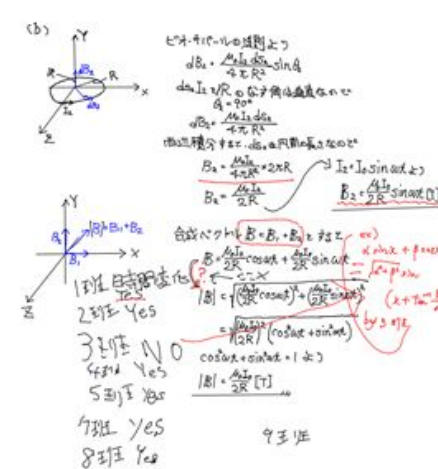


図 3 復習課題シナリオ：協調場の記録

く、その問題解決への使い方を経験させることができなかった。

##### (2) 予習課題によるシナリオでの実践

前項でのべた復習課題によるシナリオについての反省に基づいて、平成 26 年度後期の電磁気学のクラス (42 名) では、予習課題に基づくシナリオを試みることにした。

12 章からなる授業資料は渡してあるので、次回授業内容予定だけ知らせて予習させるという案もあるが、未知の知識について、それを使う問題にまず挑戦させた方が、使える知識を発見する機会が与えられることで、主体的な学びになる。

授業では、予習課題のレポートを発表させ、教員は、これを種に、授業内協調による議論をガイドし、そして発展させることで、受身で受けさせる講義では達せられないゴールを達成することができ、復習課題によるシナリオのように同じテーマに 2 回の授業時間を使う必要がない。

予習課題レポートは、最後まで解答を要求せず、課題解決に使えるような知識を教材中に探し、明示してつなぐことにより、解決プランを作成して報告することを要求する。ついでに、複数のレポートの発表によって、共通の発見や誤解や不足が明らかになり、それを手がかりにした議論で授業が充実することをわからせる。

復習課題の場合のように評価される対象としてのレポートではなく、未知なるものへの挑戦として、解決プランを提案すればよいので、学習者としては、取り組みやすく、さほどの時間を取らなくて済む。

グループ作業の単位としては、3 名からなる小さなチーム (全部で 14 チーム) を作らせ、予習とレポートの授業内発表、それにもとづく授業内協調の議論のいずれも、このチームを単位として行わせた。なお 3 名のチームも前回と同じく、希望メンバを申告させてこれを尊重した。

グループのサイズを 3 名のチームというぎりぎりのサイズにしたのは、親密に相談しあ

うには5名は多すぎ、3名で十分であろうこと、同じ課題を、たとえば複数の3~4チームに与えて、チームレポートを提出させれば、独立な複数のレポートの発表に基づく比較検討の議論をさせることができ、多様な発想が提案され、また多様な問題点が明らかにできて、授業が充実すると考えたからである。

また、課外作業でも、授業内でも、各チーム3名で相談しながら1つのレポートを仕上げ、相談しながら授業内協調に参加するためには、チームに1つのクライアントマシンで十分であるから、42名に対して14台のタブレット(PC)があれば間に合う。

実践では、台数が10台で、足りなかったので、毎回交代で割り当てた。

予習課題のシナリオでは、課外作業において、3名からなる7チームの各々が、個別場を自分たちのレポートを書くために用い、授業では、3名からなる10チームの各々に1台のクライアントが割り当てられ、サーバに記録されたチームごとのレポートを協調場へ上げて、発表と議論を、協調場で行った。従って、3人1チーム1クライアントの予習シナリオの方が、授業においても全員参加の形が取れる点で、5名に1クライアントであった復習課題シナリオの場合より優れている。

図5に、予習課題レポート作成風景、図6に授業内協調学習のスナップを示す。

参照場が完成していなかったため、専ら紙の教材資料を参照している。



図5 予習レポート作成風景

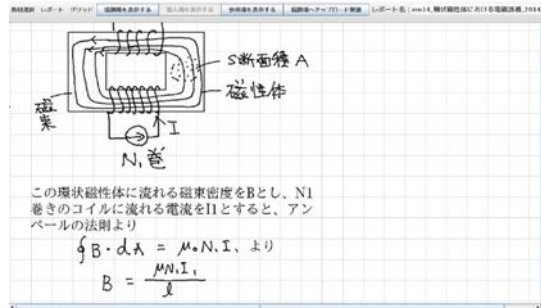


図6 授業内協調学習のスナップ

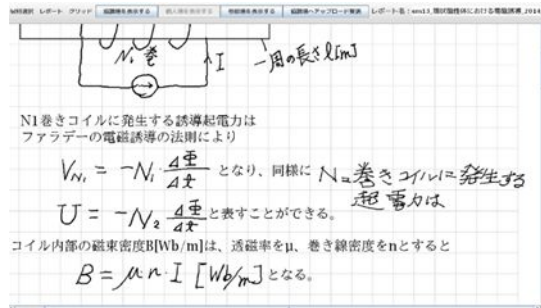
なお、個別場で用意されたレポートを協調場へ上げるためのボタンを設置して、授業内協調をやりやすくした。

以下に、議論を必要とした予習レポートの断片と、授業での議論の例を示す。

[環状磁性体の巻線が作る磁界と電磁誘導]



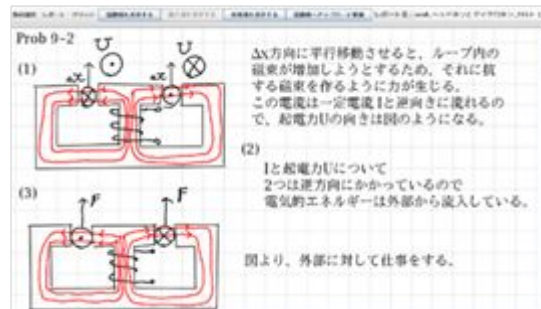
真空だけの場合と磁性体がある場合の二つのアンペールの法則の違いが付いていない。



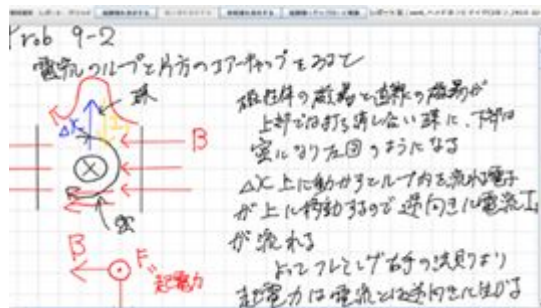
真空中のソレノイドに関する公式を磁性体への巻線に適用している。

授業では、アンペールの法則は、磁界の強さについてのものを使うこと、なぜ、空中のソレノイドでの考え方が磁性体への巻線に使用しないかを考えさせた。

[ヘッドホンとマイクロホン]



磁束の増減の見極めができていないのと、電流を流す能力としての起電力と実際に流れる電流の区別があいまいである。



可動コイルを動かすと、導線内の電子が移動することによる電流に磁場から働く力が起電力であるという提案。これはローレンツ力に基づいて正当化できる。



#### (4) 今後の発展

タブレット PC を、ある程度画面サイズがある iPad の類で置き換えることができるようになれば、コストを考慮しても 2~3 名のチームに 1 台を貸与して、全学生が議論に参加することができるようになるであろう。

その際でも、レポート作成は、2~3 課題を 6~8 チームに分担させて、その発表を種に議論を行うことが、授業の時間制限も考慮したシナリオから見て最適であろう。

音声について、大きな教室で全員に発言を許すためには、権限を取って発言させる発信制御のシステムを開発しなくてはならない。

#### [参考文献]

- [1] J.Lave, E.Wenger (1990), 佐伯訳: 状況に埋め込まれた学習—正統的周辺参加, 産業図書 1993
- [2] G.Polya (1982): How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method (Princeton Paperbacks, No. 246)
- [3] 川上清人, 渡辺卓摩, 舘野允人, 田原雪岳, 伊丹誠, 伊藤紘二: “問題解決学習においてプランを手がかりとする例題の検索とプランニングを支援するシステム”, 日本教育工学会論文誌 25-2 pp.95-102 Sep2001
- [4] 長谷川健治, 伊藤紘二: “手書きを配信するネットワークを用いてレポートの共同作成とそれに基づく公開討論を行う多人数授業の試み”, 第 13 回大学教育研究フォーラム発表論文集, 2007 年 3 月
- [5] 掛川淳一, 前川和紀, 松本航, 伊藤紘二: “教師ならびに教材・問題解決過程コレクションとのインタラクションと同期的協調問題解決作業を支援する学習支援環境の提案と試作”, 教育システム情報学会第 35 回全国大会講演論文集, pp.473-473 (2010) 北海道大学
- [6] 掛川淳一, 伊藤紘二: “知識に基づく探索とコミュニケーションを支援する協調学習支援環境”, 教育システム情報学会第 36 回全国大会講演論文集 A6-2, pp.454-455 (2011 9 月) 広島市立大学
- [7] 佐々木諒, 竹田 真弓, 榎本裕介, 石崎大樹, 掛川淳一, 伊藤紘二: “協調による課題解決とレポート作成を支援する Web ベースの学習環境”, 電子情報通信学会 2012 年総合大会 2012 年 3 月 pp.207 岡山大学
- [8] 掛川 淳一, 佐々木 諒, 伊藤 紘二: “教材と解決事例の検索を支援するインタラクティブな知識連関マップをもつ Web ベース協調学習環境”, 教育システム情報学会第 37 回全国大会論文集 2012 年 8 月

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表](計 8 件)

- [1] 掛川淳一, 伊藤紘二: “グループレポートの共有のための同期的協調学習支援システムの試作とそれを用いた授業について”,

電子情報通信学会教育工学研究会, 岡山大学 2015.9.12 (発表確定)

- [2] 伊藤紘二, 掛川淳一: “授業における予習課題解決プランの議論を支援する協調学習支援システム”, 教育システム情報学会第 40 回全国大会 徳島大学 2015.9.3 (発表確定)
- [3] 伊藤紘二: “ET 研究会と工学教育ならびに仕事場における教育・学習支援” 電子情報通信学会 教育工学研究会 (招待講演) 千葉工大 2015.5.23
- [4] 掛川淳一, 伊藤紘二: “教師と学習者グループのコミュニケーションと教材例題の知的検索を支援する学習支援システムの試行的実践について”, 教育システム情報学会第 39 回全国大会, 和歌山大学 2014.9.10
- [5] 佐々木 諒, 掛川淳一, 伊藤紘二: “協調課題解決学習を支援する Web システムの開発と運用”, 教育システム情報学会 2013 年度特集研究会 名古屋学院大学 2014.3.15
- [6] 佐々木 諒, 掛川淳一, 伊藤紘二: “問題解決学習と報告を支援する Web システム”, 日本教育工学会平成 25 年度全国大会, 秋田大学 2013.9.22
- [7] 掛川淳一, 佐々木 諒, 伊藤紘二: “対話的授業のための協調学習支援システムの試作と実践”, 教育システム情報学会第 38 回全国大会, 金沢大学 2013.9.2
- [8] 佐々木 諒, 掛川淳一, 水津拓己, 大藤 匠, 石田裕貴, 伊藤紘二: “対話的な授業のための協調学習を支援する Web システム”, 電子情報通信学会 2013 年総合全国大会, 岐阜大学 2013.3.19

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

伊藤 紘二 ( ITOH, Kohji )  
山口東京理科大学工学部・教授  
研究者番号: 20013683

##### (2) 研究分担者

掛川 淳一 ( KAKEGAWA, Jun'ichi )  
兵庫教育大学大学院・学校教育研究科・准教授  
研究者番号: 90403310