

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：35504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：平成 21 年度 ～ 平成 23 年度

課題番号：21500920

研究課題名（和文）

知識連関マップと作業場を与えて問題解決からの汎化を促す学習支援システム

研究課題名（英文）

Learning Assistant System Providing Materials with Knowledge Relational Maps to Help Retrieval and a Work Place for Solving Problems in Collaboration to Promote Generalized Knowledge Usability

研究代表者

伊藤紘二 (ITO KOHJI)

山口東京理科大学教授

研究者番号：20013683

研究成果の概要（和文）：

本研究は、課外でのグループによる課題解決活動とその成果の発表を支援する Web システムを開発したものである。システムは、グループメンバが、正視画面を共有して課題解決のために手書きと音声による協調作業が行える作業環境を提供するとともに、多様な教材を提供し、その各々に記述された知識の構造を表すグラフ表現と、検索のための意味表現からなる手がかり表現を用意する。メニューベースで意味表現の検索キーをグラフ表現させ、教材側の手がかり表現とのマッチングをグラフ表現して、的確に教材を検索できる仕組みを提供し、教材と教材に付加された知識構造表現をもとに、グループメンバが、課題解決のプランニングを行いながら解決過程の記述を行って、その最後のバージョンを授業で発表するところまで支援する。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a web system to assist collaborative problem solving activities as well as presentation of their outcomes. The system provides a work place in which the members collaborate in solving problems on the network-shared front-faced screen by way of hand writing as well as voice. It also provides varied repertoires of materials accompanied by graphical descriptions describing their structures as well as semantic key descriptions to help retrieving the materials. In search for materials of help in pursuing the task concerned, the system allows the learners to select semantic elements from guided menus visually to express their intensions on a map to which the system executes matching with the semantic key descriptions of the materials, thus to discover useful materials. Based on the retrieved materials and their knowledge structure descriptions, the learners are assisted to plan and describe their problem solving processes, and the system guides the learners to make presentation of the final version of their plans and descriptions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
平成 22 年度	500,000	150,000	650,000
平成 23 年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：協調学習支援システム

科研費の分科・細目： 総合領域 科学教育・教育工学

キーワード：教育工学、教授学習支援システム、知識連関マップ、協調学習、教材検索、知識構造

1. 研究開始当初の背景

協調学習、ソーシャルネットワーキングなど、知の社会性といううたい文句に基づいた学習の研究が盛んであるが、一部には、学習者の教え合い学び合いだけで、よりよい学習が成立するかのような錯覚が見られる。現場で、教育を実践している感覚からは、そのような幻想は生まれない。たしかに、学習させたいことがらを、一方的に表現し語るだけでは、学習は生まれないが、支援なしに、学習者のグループに教材を与えて議論させても学習は生じない。

2. 研究の目的

我々が担当する工学系分野の教育においても、具体的な課題解決を、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によって学ぶことの必然性は、継承すべき知恵の成立における社会性と身体性[1]にある。しかし、予め、授業において、継承されるべき知恵を解説する場合、学習者グループは、自分たちの知の構造のなかに最近接領域[2]を見つけ、それを手掛かりに、新しい構造を作る。経験によれば、未経験な継承知について、このようにして作られる構造には、例外なく誤りや欠落がみられるが、その多様性と意外性のゆえに、授業者は、これをあらかじめ予測することができない。

そこで、授業をベースにして継承を行わせる場合には、途中の段階で課題を与えて、グループ作業を行わせ、その結果を発表させて、フロアと共に、課題解決のリフレクションを行うことで明らかになる構造上の誤りや欠陥を正す必要があるのであるが、学習者には、知を構造のレベルで、主体性を以て正しく継承する貴重な機会が提供されるのである。

このような目的を持って、我々は、グループ作業を支援する Web ベースのシステムを構築し、手書き図形と音声による議論環境と、授業計画の全範囲にわたる教材を提供することとし、的確に教材を検索できる仕組みと、[3]に従って、教材の知識構造をもとに、課題解決プランを作らせながら、課題解決過程を記述させその最後のバージョンを授業で発表するところまで支援するシステムを開発することとした。

3. 研究の方法

学習者の問題解決をプランの立案と例題の検索によって支援する仕組みについては、

かつて、文献[4]において試みた。

協調学習については、サーバ経由で手書きによるコミュニケーションを支援する仕組みを、JavaRMI を用いて試作し、実際に、多人数授業において、このシステムを使って、グループの代表が、議論を行う様子をプロジェクトで公開する試みを行った（文献[7]、[8]）。また、文献[5][6][9]では、知識に手がかりをつけておいて、学習者による知識検索を支援する試みを行った。

今回は、こうした先行研究をベースに、研究の目的で述べたように、学習者グループに、協調して課題解決を行うための協調作業環境と知識教材を提供して、教材の検索を支援し、その結果に基づいて、プランを立てながら課題解決を行わせ、その成果としての課題解決過程の記述を編集して、授業におけるプレゼンテーションを行わせるところまでを支援するシステムを開発した。開発の中で、このような活動は、協調作業と個人作業を交錯させることによって成立することが解ったので、協調学習支援環境は、協調作業場と個人作業場で構成することとした。また、課外活動として行わせるために、Web システムとして構築し、各メンバはどこにいても協調作業に参加できるようにした。

4 研究成果

(1) 協調学習支援環境の構成と概要

協調作業場と個人作業場が用意され、クライアントとしてのタブレット PC のブラウザは、主として Java アプレットによって、手書きを中心としたユーザインターフェースを担当し、Web サーバは、Java サーブレットと MySQL データベースにより、アプレットとの通信に基づいて教材提供とコミュニケーションと解決過程の記録を含む場の管理を担当する(図 1)。

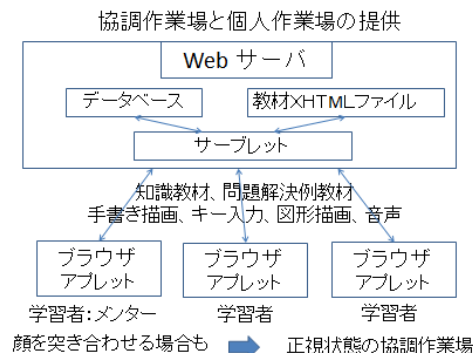


図1 Webシステムによる協調学習支援環境

協調作業場、個人作業場とも、教材検索提示ウインドウ、課題解決計画ウインドウ、解決過程記述ウインドウの3つのウインドウがそれぞれのJavaフレーム上に用意される。

教材検索提示ウインドウでは、メニュー選択あるいは、意味ネットで編集した構造化キーによる検索に基づいて、ダウンロードされた教材のコンテンツと知識構造が提示される。

課題解決計画ウインドウでは、課題解決に使えるような知識教材を検索して得られる知識構造を引用/参照し、解決プランを、使う知識や手続きのボックスを線でつないだグラフで表現させると同時に、解決過程記述ウインドウで、計画ウインドウの各ボックスに対応した解決過程を、それとリンクさせた作業領域に、手作業で記述させる。

解決プランと解決過程記述は、相互に、試行による修正変更の繰り返しになるから、バージョン管理が必要である。そして、その最終バージョンは、グループによる課題解決の成果を発表するためのプレゼンテーションに用いられる。

協調場においては、どのウインドウにおいても、手書きの文字と図形と音声によるコミュニケーションが可能であり、透明化した内部フレームにテキストエリアを設けてテキストを編集し、場所とサイズを選んで貼り付けることもできる。

(2) 協調場と個人場

協調作業場におけるコミュニケーションは、検索してきた知識の意味や使い方についての検討、メンバからの提案に対する質疑応答や修正提案、複数の提案の比較などの場面で重要である。

しかし、知識検索のための構造化キーの編集、課題解決プランの編集、解決過程の記述など、編集を伴う作業は、いずれも、コミュニケーションだけでできることではない。メンターによる采配の下、1つの編集タスクを複数のメンバの個人作業場にダウンロードして作業させ、その結果を協調場にアップロードさせて、コミュニケーションによって比較し、その1つを採用する、ないしさらに改訂をさせる、または、タスクを部分タスクに分け、メンバに手分けして担当させ、結果を協調場にアップロードさせて、統合のための議論に基づいて、1メンバに統合編集をまかせる、などの経過をたどることになる。

個人作業場は協調作業場とは異なるクラスのサブレットとデータベースのテーブルをもちいて、投稿受付のアップロードと記録のダウンロードを、メンバクライアント単位でおこなう(図2)。

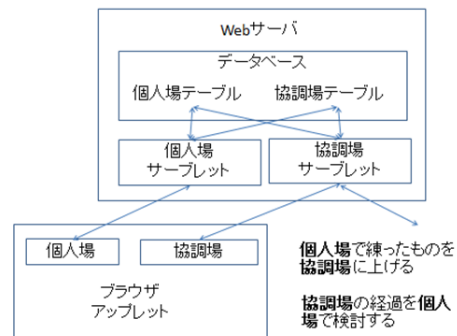


図2 協調場と個人場

(3) 協調作業場におけるコミュニケーションの仕組み

協調作業場では、メンバクライアントからの手書きの情報やテキストや音声パケットのデータがサーバに投稿され、これが一旦データベースの図形データのテーブルに登録された後、他のクライアントに配信される。投稿データは、できる限り短い単位で受け取ってすぐに配信することで、投稿中に他のクライアントが割り込むことを防ぎ、クライアントからのひと続きの投稿が配信され終わってそれが認識される前に他のクライアントからの投稿が起きるのは、協調場の混乱のもとである。そこで、本システムでは、サーバによる図3のような権限制御を行うこととした。

即ち、投稿データをできる限り短い単位で受け取って配信することを前提に、投稿したいクライアントは、誰も権限を持っていない状態のとき、権限ボタンで、権限を取得して投稿を始めることとし、投稿を受け取った時点から起算して一定のタイムアウト時間内に次の投稿が行われる限り投稿を続けることができ、この意味でのタイムアウト時間を過ぎて投稿を行わなかった場合、あるいは、その前に権限ボタンを押して権限を放棄したときに、権限を失うこととした。

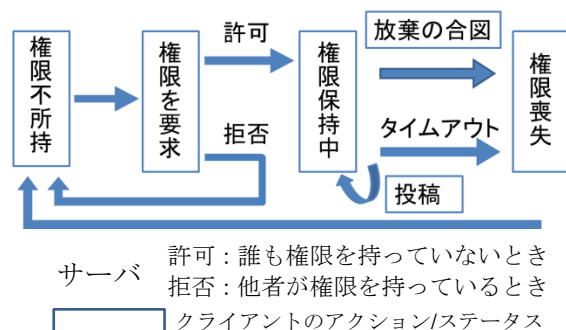


図3 権限制御

投稿については、例えばペンによる手書きでは、ペンを置いてから上げるまで新規生成された図形要素、既に描かれている図形要素の中で、クライアントが囲い込まれた矩形領域に掛かったものの移動、あるいは削除

という手続きとして、XML 形式で投稿受付クラスのサーブレットに投稿されたら、新規は日時付きでデータベースのテーブルに登録され、移動は、移動前の図形要素に削除日時を入れ、移動後の図形要素を新規登録し、削除は、該当図形要素に削除日時を入れる。

各メンバクライアントからエンドレスで繰り返し送られてくるリクエストに応じて配信すべきデータがデータベースから取り出されて生成あるいは削除の区別と共にサーブレットにより XML 形式で配信され、クライアントのところで再現される。この際、そのクライアントからリクエストがサーバに届いた日時（秒まで）をデータベースに問い合わせ、この日時が、XML データと一緒にクライアントに送られて保持され、つぎのリクエストのとき、配信サーブレットに送られて、その日時以降、このたびのリクエスト到着の日時まで登録されたデータが、差分データとして配信される。

さて、各クライアントのアプレットでは、画面の再描画のために、描画再現すべきデータを収めた描画データリストが用意されているが、サーバからの生成、削除の配信データのならば、クライアントで解釈され、描画データリストに対して、描画されるべきデータだけがリストに残され、また追加される形で更新が行われる。結果として、サーバのデータベースにおける現在の描画状態の情報と同じ情報が各クライアントにおいて保持され、再描画に使われる。

ここで問題になることは、権限を得て、描画を投稿し始めたクライアントは、自分のところで、描画結果の再描画を行う為の描画データリストを持たなくてはならないが、これは描画に伴って遅延なく作られる必要があり、サーバからの配信を待つことはできない、ということである。しかも投稿を終了した時点では、全てのクライアントと同じ描画状態にならなくてはならない。

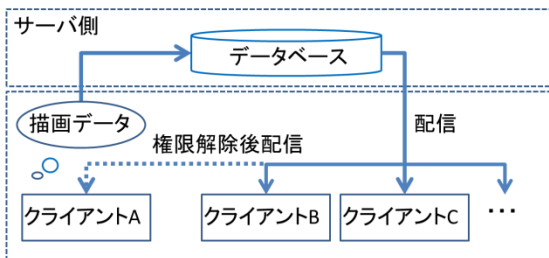


図4 投稿配信におけるデータベースの利用

そこで、本システムでは、投稿権限を得たクライアントにおいては、その時点での描画データリストの真正のコピーを作り、これをテンポラリ描画データリストとして、自分のところの再描画のために用いて、投稿にも利用することにした。投稿権限を持っているクライアントは、サーバからの配信を受けない。

そして、権限を喪失後に、サーバにリクエストを送って、権限取得時点から、その時点までに自分が行った投稿に基づく配信を受け、権限取得時点から眠らせてあった描画データリストを復活させて、描画データを更新する。(図4)

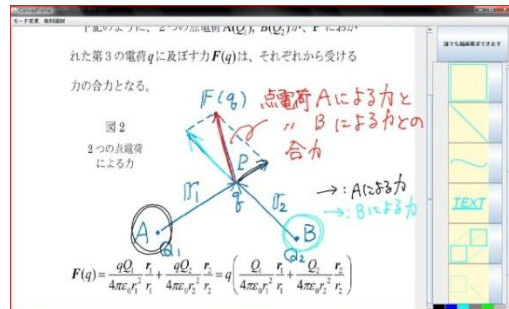


図5 協調コミュニケーションのスナップ

図5に、教材表示上での協調コミュニケーションのスナップを示す。データベースに収めたコミュニケーションデータは、日時に管理されるから、遡った議論の見直しにも対応できる。

(4) 教材検索提示ウィンドウ

教材には、階層メニューも用意するが、キーによる教材の検索を支援する。そのために、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く、教材検索に際しては、学習者をマップ表現でガイドして、意味構造によるキーを編集させ、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。

意味構造のデータは、XML 形式で表現されて記録とマッチング処理に供される。

図6に、編集されたXML形式の手がかり表現の例を示す。

```

<知識>
<静電界の電位
  <定義>
    <電位 ref="1" />
  </定義>
  <状況>
    <移動する>
      <対象 ref="3" />
      <主体 ref="4" />
    </移動する>
    <電荷 ref="3" />
    <人 ref="4" />
    <電界 ref="2" />
    <力を及ぼす>
      <主体 ref="2" />
      <対象 ref="3" />
    </力を及ぼす>
  </状況>
</知識>
  <配置する>
    <対象 ref="3" />
    <場 ref="2" />
  </配置する>
  <仕事をする>
    <対象 ref="3" />
    <主体 ref="4" />
    <仕事 ref="1" />
  </仕事をする>
</知識>

```

図6 手がかり表現のXMLデータ

意味構造は、関係のフレームの項に、実体が結合されてできるネットワークとして記述される、図としてはマップの形で表せるが、XML 記述上では、関係名のタグとその下に項

の名前のタグ、また実体名のタグがあり、それらのインスタンスが置かれ、結合は、インスタンスのタグの ref 属性の番号が同じものどうしが結合されるとして表現されている。

教材編集者が手がかりを編集するときも、学習者が意味構造キーを編集するときも、マップを編集するヒューマンインターフェースを提供する（図7参照）。

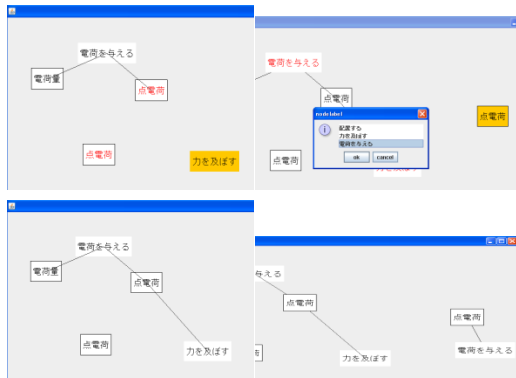


図7 意味構造マップ編集インターフェイス

このインターフェイスでは、分野ごとで、関係名と実体名のリストを提供し、関係名を選ぶとその項に結合している例が存在する実体名のメニューが提供され、実体名を選ぶと、それが項に結合されている例がある関係名のメニューが提供される。メニューから選ぶたびに、あらたにマップ上にその名前のラベルを置いてリンクを張るか（OK ボタン）、既に置かれているその名前のラベルをハイライトされる一とリンクを張るか（クリック）を選ぶことができる。

メニューとは別に、既に置かれたラベルの1つをクリックすれば、既に置かれているラベルの内、結合可能なものがハイライトされ、そのうちの1つにリンクを張ることができる。

既に置かれたラベルの1つをダブルクリックすれば、それとリンク可能なもののメニューが出るから、選ぶと、新たなラベルが置かれてリンクが張られる。

編集された意味構造マップに相当する XML 表現は、マップの編集に伴って作成される。

教材編集者は、メニューにない関係名、実体名、結合可能性を、必要に応じて追加してゆくことができる。その結果は、学習者に提供されるメニューに反映される。

学習者が編集した意味構造に対して、用意された教材の手がかり表現とのマッチングをとるアルゴリズムとして、XML で表現された結合を

```
<sem ref=num/>
```

の形に統一して表現しておいて、

```
sem-ref-sem-ref-sem-...
```

のように辿り、学習者の作った意味構造ネットワークと手がかり表現の意味構造ネット

ワークの間で、ループにならない範囲で最長の一致の取れる sem のつながりの長さを重複なくカウントし、カウントの大きいものから教材名と位置と手がかり表現の意味構造ネットワークを学習者に提示する。

学習者が、順序づけられたメニューから、教材記述を選ぶと、コンテンツと共に、手がかり表現の意味構造のマップが表示され、学習は、さらに検索を深めたい場合には、マップから一部をコピーして自らの意味構造キーに追加、一部と置き換え、削除などの編集を加えて、検索を続けることができる。

(5) 課題解決計画ウインドウ

教材においては、知識の単位でまとまった記述ごとに、手がかり記述とともに、知識のタイトルとそれが使われるときに与え、あるいは与えられる実体や関係の名前を持たせた知識表示と、その知識の成立根拠を知識の包含関係で表す知識構造記述を持たせる。XML で記述されるが、知識が検索されたとき、知識表示をボックスで、構造をボックスの接続と入れ子で図表示する。

学習者グループは、課題解決計画ウインドウにおいて、知識表示ボックスの接続により、課題解決のプランニングを行う。その際、教材検索で得られた教材の知識表示ボックスあるいは、知識構造表示の中の知識表示ボックスを、課題解決計画ウインドウにコピーすることができる。また教材にない知識を計画に取り込みたいときは、知識表示ボックスを、自分たちで編集して記録に残しながら、使うことができる（図8）。

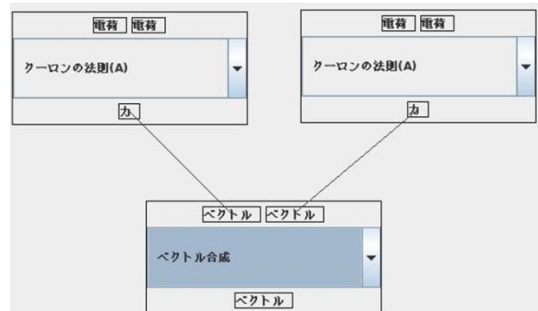


図8 課題解決計画の編集

(6) 解決過程記述ウインドウ

学習者グループは、課題解決計画ウインドウで計画を立てながら、解決過程記述ウインドウにおいて、計画を構成する知識表示に対応させたサブウインドウを開き、その各々から課題解決計画ウインドウの知識表示ボックスへのリンクを張った上で、各サブウインドウにおいて該当部分の解決過程の記述を行うが、うまくゆかないときは、使う知識の検索、変更も行いながら、計画を修正して、サブウインドウを切りなおし、改めて解決過

程の記述を行う。

図9に、解決過程記述ウインドウのイメージを解決計画ウインドウと共に示す。ヒューマンインターフェースを整備中である。

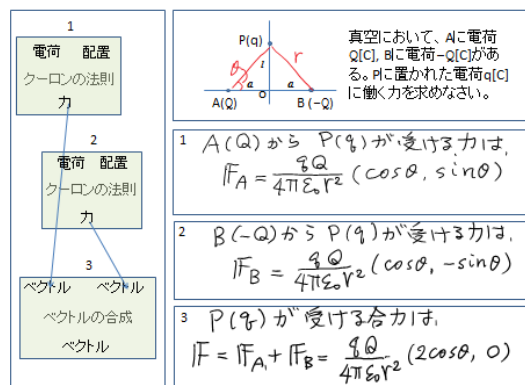


図9 課題解決計画ウインドウと解決過程記述ウインドウの連携

(7) まとめと課題

ヒューマンインターフェースとしての詰めは残っているが、システムの主要部が実装された。メンター機能の実装、コミュニケーションのリフレクション機能と、課題解決計画ならびに解決記述のバージョン管理の実装が残されたが、早急に実装して、システムを使った授業実践を課題とする次期科学研究費補助金による研究に備える。

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]レフ・ヴィゴツキー (1928~1938), 土井,神谷訳: 「発達の最近接領域」の理論,三学出版 2003

[3]G.Polya (1982): How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method (Princeton Paperbacks, No. 246)

[4]川上清人, 渡辺卓摩, 館野允人, 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

[5]舟生日出男, 馬場一嘉, 富樫政徳, 伊丹誠, 伊藤紘二: “帰納的な知識獲得を促進するメディアベースシステムの開発と評価 — 情報の検索と吟味における可視化された概念構造の利用—”, 日本教育工学会論文誌 vol. 26 no.1, pp. 21-32, Jun 2002

[6]掛川淳一, 中村宏, 藤岡英太郎, 伊丹誠, 伊藤紘二: “自然言語処理を用いて日本語教育のための例文検索を支援するシステム” 日本教育工学会論文誌 vol. 25no. 2, pp. 85-94, Sep 2001

[7]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

[8]伊藤紘二: “代表グループによる手描きと音声を用いた協調学習を公開で行う公開討論モデルによる多人数授業”, 第12回大学教育研究フォーラム発表論文集, 2006年3月

[9] K.Itoh: “Assisting Learners to Acquire Knowledge Structure by Way of Map Generation Based on Indexing Learning Contents in Terms of Natural Language Knowledge Descriptions”, KES2008, Sept 2008

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計6件)

[1] 前川 和範, 掛川淳一, 伊藤紘二: “インタラクティブな授業を支援するシステムの試作”, 電子情報通信学会2010年総合大会論文集 D-15-13 pp.(2010年3月) 仙台

[2] 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) 札幌

[3] 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

[4] 伊藤紘二: “グループ作業によって支援される工学系授業の実践”, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集 A6-1, pp.452-453 2011年9月広島

[5] 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

[6] 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 (発表予定) 2012年8月千葉

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤紘二 (ITOHI 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 JUNICHI)
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