

学生の理解状況に基づいたペアの構築及び 学生間の教えあいのための講義システムの開発

廣瀬 健太郎^{*1}, 東本崇仁^{*1}

^{*1} 東京工芸大学

Form a Pair Based on Student's Understanding and Development Lecture Support System

Kentaro Hirose^{*1}, Takahito Tomoto^{*1}

^{*1} Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

本研究では、他者へ教授できるほど理解をしている受講生を教員の代役とし、講義内で学生間の教え合いを行い全体の理解を高めることを目的とする。本手法は、学生の理解状況の把握及び理解度に基づいたペアマッチング手法から成る。受講生の理解状況を取得するシステムを開発した関連研究が存在し、このシステムを使用し、ペアマッチングを行う。評価実践では、本手法による教え合いを行い、受講生の理解を高めることを示した。

キーワード: 形成的評価, Learning by Teaching, グループ学習, ハンガリー法

1. はじめに

大学の講義は、一度に多数の受講生を扱う講義形態が主流となっている。しかしながら、多数の受講生に対して教員が少数であるため、受講生一人ひとりに対して、対応することが難しい。また、SAやTAの導入を行っているが、受講生の数が多く、解決には至っていない。しかし、受講生の中には講義の内容の理解が早く、既に他者へ教授できるほど理解をしている受講生も存在している。本研究では、成績上位者に成績下位者の勉強を教授する講義の枠組みを提案する。

2. 予備実践

2.1 予備実践1

2.1.1 実践概要

本予備実践で対象とする講義は東京工芸大学工学部コンピュータ応用学科の学生を対象とした情報技術入門である。本講義では、情報教育の基礎科目として扱われており、二進数やハードウェアに関する基礎知識を身につけるために設けられている。

本予備実践では、講義開始時に指定されたグループごとに分かれ、講義を行う。その後、受講生は、グループ内で課題を解きあい課題の結果の順位に応じて、グループからペアの作成を行う。ペアの作成方法は、4人グループの場合ペアの分け方は先ほどの採点結果の1位と4位、2位と3位がそれぞれペアとなる。5人グループの場合は1位と5位、2位と3位と4位の組み合わせとなる。さらに、ペア内でそれぞれ「教える側」と「教えられる側」という役割を決める。ペア内での成績上位者が教える側となり、ペア内での成績下位者が「教えられる側」の役割となる。

ペア作成が完了した後に、教えあいを行う。教えあいでは、教える側の役割の学生が教えられる側の役割の学生に対して、先ほどの課題で教えられる側の役割の学生が分からなかった部分の教授を行う。さらに、全ての問題での教えあいが終了した後に課題を解き、本予備実践は終了となる。また、講義終了後に、受講生を対象にアンケートを行う。

2.1.2 実践結果

本予備実践を行い、教えあいをする際に必要な二つの要因が存在する。

まず、教えあいをする際に「お互いの理解状況が把握できていないこと」である。教えあいをスムーズに行うためには、お互いの理解状況を把握することが重要である。本予備実践では、お互いの理解状況を把握できず、教えあいを始める前に、お互いの理解状況を確認しあうことから始まっていた。

次に、ペアの対象を見つける相手を受講生全体から探さなければならない。本予備実践では、4人から5人程のグループからペアを作成したため、それぞれのグループの学力の偏りがみられた。

本予備実践の以上の点を踏まえ、次回の予備実践を行う。

2.2 予備実践 2

2.2.1 実践概要

本予備実践で対象とする講義は東京工芸大学工学部コンピュータ応用学科の学生を対象とした情報技術入門である。

本予備実践では、予備実践1の二つの要因を考慮した手順で行う。

まず、受講生全体からペアマッチングを行う。ペアの作成方法は、過去に本講義で行われた中間テストの成績を参照し、マッチングを行う。また、中間テストの点数の中間で分割し、上位を「教える側」グループとし下位を「教えられる側」グループとする。次に、それぞれのグループで受講生の点数を基に順位付けを行い、それぞれのグループの同順位の学生がペアの対象となる。

受講生は、教えあいの際の理解状況把握のために、講義開始後に事前テストを行う。事前テストの内容は、それぞれカテゴリ分けがされており、問題を解くことによってどこの問題を理解しているかを把握できるようになっている。事前テスト終了後に自己採点を行い、受講生にペアと役割を知らせ、教えあいを行う。

教えあいでは、ペアとなった受講生同士で事前テ

ストの結果を見せ合い、お互いにどこを理解しているかの把握をしつつ教えあいを行う。

教えあい終了後に、事後テストを行い本予備実践は終了となる。

2.2.2 実践結果

今回の事前テスト及び事後テストの正解率を下記に記す。

表1から、教える側と教えられる側の両者が事前テストと比較し、事後テストの点数が上昇している。しかしながら、事前テストとマッチング結果を比較した際に、ペア同士で理解箇所が重なっており、教えあいが行われていない箇所が存在していた。これは、過去の成績を参照したことが問題であると考えられる。本予備実践の結果から、理解状態を参照する際は、現状の理解状態を参照することが良いといえる。

表1. 事前テスト及び事後テストの全体の正解率

	事前テスト	事後テスト
教える側	58.30%	74.75%
教えられる側	33.03%	62.13%

3. 提案手法

予備実践結果から、教えあいによって受講生全体の理解の向上がみられた。また、予備実践の結果から、教えあい及びマッチングを円滑に行うためには、いくつかの必要な要因が存在することが考えられる(図1)。

まず、一回目の予備実践の結果から、ペアマッチングの際に対象とする範囲は受講生全体から探すべきである点である。一回目の予備実践の際に、ペアマッチングの範囲を4人から5人程の一つのグループに絞ってしまったため、ペアの学力に大きな差が見られた。

次に、過去の学力ではなく、現在の学力を参照しペアマッチングを行わなければならない。二回目の予備実践では、過去の学力を参照し、ペアの作成を行ってしまったため、同程度の学力の学生同士がペアとなった状態が存在した。さらに、理解状態とは、全体の点

数等を参照することではなく、理解箇所を参照とする点である。理解箇所を参照とすることで、教えあいを行うことが困難な状態に陥るペアマッチングを回避することが可能である。

最後に、教えあいの際には、自身及び相手の理解状況を把握できなければならない。まず、相手の理解状況を知ることは円滑に教えあいを行うために必要な要因であることは二度の予備実践の結果から示されている。さらに、教えあいの際に、自身は既に理解していると思ひ込み、自身の理解を理解できていない受講生が多く見られた。加えて、教えあいの序盤に、お互いに理解状況の確認のために多くの時間を割いたグループも存在していた。

以上のことを踏まえ、手法の提案を行う。まず、ペアマッチングを行う際には、受講生の全体の理解状況の情報が必要となる。また、その理解状況の取得は講義内で行う都合上、迅速に行わなければならない。理解状況の取得を講義内で行う研究として、東本らの「講義の構造理解の促進のためのノートリビルディング法の提案及び支援」が存在する⁽¹⁾。東本らの研究で開発されたノートリビルディングシステムは、構造化された問題を受講生に課題として出題を行う(図2)。構造化された問題とは、通常の一問一答形式の問題と違い、出題された問題の選択肢同士の関係性について問う問題形式である。構造化された問題を解くことによって、受講生がどのように理解しているかを詳細に取得することが可能である。さらに、ノートリビルディングシステムは、講義内で受講生の理解状況を取得することが可能である。本研究では、ノートリビルディングシステムで取得した受講生の理解状態を参照としマッチングを行う。

二回目の予備実践では、ペア同士の理解箇所が重なっている事例が存在した。これは、受講生のテストの点数のみを参照としペアマッチングを行っていたことが原因であると考えられる。本手法では、受講生の理解箇所を参照とし、自身の理解箇所を基に決定される相性を考慮しペアマッチングを行う。相性の決定方法は、ノートリビルディングシステムによって取得した受講生の理解箇所を基に、自身の理解箇所と不一致数

が多い受講生を相性が良い受講生とし、同一の理解箇所の受講生を相性の悪い受講生とする。この方式によって、テストの点数では、同程度の受講生同士であっても理解状況によって相性の良い受講生と成り得る。また、教える側及び教えられる側の役割については、ノートリビルディングシステムの課題の点数によって決定を行う。

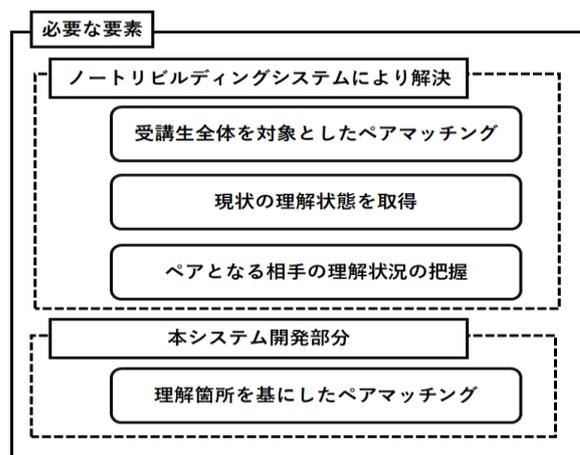


図1. 教えあい及びペアマッチングの際に必要な要素及びその解決方法



図2. ノートリビルディングシステム画面

4. 提案システム

4.1 目的

本研究は、受講生同士の教えあいを行い、お互いの理解向上を行うことを目的とする。また、教えあいを行うためには、「学習者の理解状況を把握する機能」と「学習者同士のペアを決める機能」の二つの機能が必要となる。

教えあいやペアマッチングの際に、受講生の理解状態を把握しなければならないことから、「学習者の理解状況を把握する機能」が必要となる。本機能は、本手法で述べたノートリビルディングシステムを使用することによって達成することが可能である。また、円滑な教えあいをするためには、ペアマッチングが重要となることから、「学習者同士のペアを決める機能」が必要となる。

4.2 システム概要

本システムでは、東本らの研究⁽¹⁾で開発されたノートリビルディングシステムを基に機能を追加実装し、開発を行う。本システムで処理を行うプロセスを図3に示す。

東本らの研究⁽¹⁾で開発が行われたノートリビルディングシステムは、講義内で受講生の理解状況を取得することが可能である。ノートリビルディングシステムは、実際の講義で教員側が受講生の理解状況を把握し、多くの受講生が理解できず、躓いている箇所を重点的に説明するために使用されていた。また、本手法で述べたように、「学習者の理解状況を把握する機能」の大部分を満たす機能を既に有しており、本研究の目的に達していると考えられる。

ノートリビルディングによって受講生の理解状況を取得した後に、ペアマッチングを行う。理解状況を元にしたマッチング方法として、いくつか考えられる。まず、自身の理解箇所と相手の理解箇所を比べ相性を求める方法である。理解箇所をお互いに比べ、不一致数が多ければ相性が良いとする。しかしながら、この方法はノートリビルディングシステムの特徴である構造化に基づいた問題形式を全く考慮していない点が問題である。ノートリビルディングシステムでは、構造化に基づいた問題が出題される。構造化に基づいた問題を受講生が解くことによって、より明確に理解状況を把握することが可能となる。構造化に基づいたマッチングは、単純に理解箇所の不一致のみを参照にするマッチングと比べ、理解状況に対してより詳細にマッチングすることが可能となる。しかしながら、構造化に基づくマッチング方法は、問題ごとにどのような相

性が良いかを検討する必要がある、汎用性が低い。本システムでは、講義内で使用することを仮定し、汎用性の高い、理解箇所に基づくマッチングによって相性の決定を行う。

ペアマッチングシステムの機能は、「役割の決定機能」、「相性の決定機能」、「相性を基にペアを決定する機能」から成る。

まず、受講生の理解状況を取得した後に、「役割の決定機能」の処理が行われる。この機能では、受講生がノートリビルディングシステムによって回答した内容の正誤答の数に応じて役割が振り分けられる。役割には、予備実践と同様に、「教える側」と「教えられる側」が存在している。また、役割の判断方法として、回答の正解数に応じて受講生全体の中の順位を決定し、順位が中間以上であれば「教える側」となり、中間よりも低ければ「教えられる側」となる。また、受講生の人数が奇数であれば、「教えられる側」の受講生的人数と比較し「教える側」の受講生が一人多く役割が振られる。

システムでは、役割を決定させた後に、「相性の決定機能」の処理を行う。この機能では、教える側に属している受講生と教えられる側に属している受講生を、本提案手法で述べた方法で、それぞれ互いに比較し相性の決定を行う。相性の決定方法は得点制であり、受講生同士を比べ、同一の理解箇所が存在していれば一箇所につき一点加算される。

相性を決定した後に、「相性を基にペアを決定する機能」の処理が行われる。この機能では、得点化された相性を基に教える側に属している受講生と教えられる側に属している受講生の間でペアマッチングを行う。ペアマッチングの方法として、得点化された情報を基にマッチングを行うハンガリー法を採用する。ハンガリー法は、割り当て問題等で使用され、それぞれの要因に対して得点化された二つのグループの最小のコストを求めることが可能なアルゴリズムである。本システムでは、先程の機能により、それぞれ得点化が成されている教える側と教えられる側のグループの受講生を比べマッチングを行う。マッチングでは、ハンガリー法を使用し、どの受講生間の最も効率の良いペアを

求める。

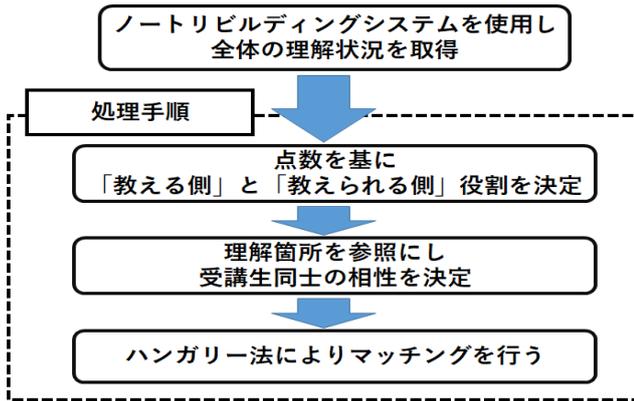


図 3. 理解箇所を参照とした
マッチングシステムの処理手順

5. 評価実践

5.1 概要

本予備実践で対象とする講義は、東京工芸大学のコンピュータ応用学科の学生を対象として行われている統計処理である。本講義は、excel を使用した分析方法に関する科目を扱う。また、本評価実践は、二回行う。一回目の評価実践では、ペアマッチングの際に理解状況に基づかず、ランダムなマッチング(統制群)を行う。また、二回目の評価実践では、本手法で述べた理解状況に基づくマッチング(実験群)を行い、二回の評価実践での差異と本手法の有用性を求める。

5.2 実験手順

今回の評価実践では、ノートリビルディングシステム及びペアマッチングシステムを使用し教えあいを行う。ランダムなマッチングを使用した評価実践と理解状況に基づいたマッチング方法を使用した評価実践の手順を図 4 に示す。

まず、二度の評価実践の同様の手順として、講義開始時にノートリビルディングシステムを使用した事前テストを実施し、受講生全体の理解状況の把握を行う。講義である都合上、二度の評価実験での事前テストの内容は異なる。一回目に実施された、ランダムなマッチングを使用した評価実践の事前テストは、母集団の平均や、単純ランダムサンプリングを問う課題が出題された。また、二回目に実施された、理解状況に基づ

いたペアマッチングでは、数量化理論 I 類に関する課題が出題されている。一度目の事前テストが二度目の事前テストと比較し、難易度は低く設定されている。15 分でノートリビルディングシステムを使用し事前テストを解き、受講生の理解状況の把握を行う。

ノートリビルディングシステムによって課題を解き終わった後に、ペアマッチングを行う。

まず、一回目の評価実践では、ランダムにペアマッチングを行うため、自身の隣の座席に着席している受講生をペアとした。二回目の評価実践では、本提案システムで開発を行ったシステムを使用し、ペアマッチングを行った。ノートリビルディングシステムを使用することで得られた理解状況を基にマッチングを行い、学生にフィードバックを行う。システム画面には、ペアの対象となる受講生の名前、席、役割が表示されており、画面閲覧後に受講生はそれぞれのペアの対象の席へ移動を行う。

ペア決定後に、予備実践と同様に教えあいを行う。一回目の評価実践では、ペア同士で相談を行い、それぞれの役割の決定を行う。一回目の評価実践と二回目の評価実践は、その後の手順は全て同一で、事前テストで使用したノートリビルディングシステムにより、ペアの相手となる受講生と理解状況の把握を行う。次に、それぞれの理解箇所の教えあいを行う。

教えあい終了後に、ペアマッチングの効果を求めるため事後テストを行う。事後テストの内容は、事前テストと同様の内容となっている。受講生は、事後テストを解き終わり次第、講義終了となる。

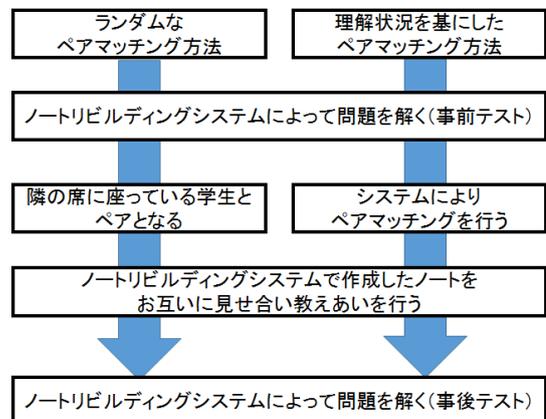


図 4. 二度のマッチング別の評価実践時の手順

5.3 結果・考察

一回目の評価実践及び、二回目の評価実践の成績を下記に記す(表 2)(表 3)。また、講義終了後に行ったアンケートの結果を表 4, 表 5, 表 6, に記す。アンケートは、受講生全体を対象としたアンケート, 教える側の学生を対象としたアンケート, 教えられる側の学生を対象としたアンケートの三種類から成る。アンケートの回答方法は五件法を採用し, 数値が大きければポジティブな答えを示し, 低ければネガティブな答えを示す。

まず, 一回目に行った評価実践の事前テスト及び事後テストの考察を行う。事前テスト及び事後テストは, 全 12 点満点である。一回目の評価実践のペアマッチングでは, 理解状況を参照とせずに行った。事前テストの平均点は, 7.61 点であり全問題数に対する正答率は, 64.35%となる。事前テストの時点で 6 割以上の得点を既に受講生が取得していることの要因として, 出題された課題の内容が基礎的な部分であるためと考えられる。さらに, 事後テストの平均点は, 8.79 点であり, 正答率が 73.23%であることから, 上昇はされているが, 大きく変化は見られない結果となった。先述したとおり, 事前テストが基礎的な部分であるため, 事前テストの時点で既に一定の理解をしていたことが要因であると考えられる。

次に, 二回目に行った評価実践の事前テスト及び事後テストの考察を行う。事前テストの平均点は, 9.237 点であり, 全問題に対する正答率は 18.47%となった(表 3)。一回目の評価実践と比較し, 点数及び正答率が著しく低い要因として, 難易度が関係していると考えられる。二回目の評価実践の難易度は一回目の評価実践の難易度よりも高い内容となっている。しかしながら, 事後テストでは, 平均点が 21.06 点であり正答率が 42.14%であることから教えあいによる成績の上昇がみられた。一回目の評価実践と比較し, 上昇値が高くなっている要因として, 課題の難易度や理解に基づくマッチングの効果が存在する。課題の難易度が要因となっている場合。事前テストの成績が低く教えあいで効果が出やすくなり, 事後テストの点数では上昇値が一回目の評価実践と比較し顕著に現れたと考えられ

る。

次に, それぞれのアンケートの内容についての考察を行う。二度の評価実践に共通している点は, どちらも比較的にポジティブな数値を示していることである。表 4 の受講者全体を対象としたアンケートでは, どちらの評価実践も 3.5 以上の高い数値を示している。次に, 表 5 の教える側のみを対象としたアンケートも同様に多くの項目が 3 以上の高い数値を示している。しかしながら, 一部の項目では, 二回目の評価実践時のみ 3 を下回る数値となっている。要因として, 二回目の評価実践時の事前テスト及び事後テストの難易度が関係していると考えられる。教えあいの際に, 教える側の受講生自身も理解を満足しておらず, 自己評価の低い状態で他者に対して教授を行ったため低く評価を回答したと考えられる。また, 表 6 の教えられる側の受講生を対象としたアンケートの同項目では, 高い評価を表していることから, 相手に対してプラスとなる影響を与えられたと実感はできていないが, 実際にはプラスとなる影響を与えていたことを示している。

二回の評価実践の事前テスト及び事後テストの正答率をまとめ, それぞれの効果量を求め表 7 に記す。二度の評価実践では, 共通して事前テストから事後テストの成績の上昇がみられた。これは, ペアマッチングと同様に教えあいによる効果がみられていると考えられる。しかしながら, 効果量に関しては, 明確に差が見られる結果となった。

効果量に差が見られた要因として, 課題の難易度に差があったため, もしくは, ペアマッチングの効果がみられたためであると考えられる。

まず, 難易度に差があるため, 効果量に変化が見られた場合, 先述したとおり, 二回の評価実践の事前テストの正答率が低く, 効果が見られやすくなったためであると考えられる。対照的に, 一回目の評価実践の事前テストの正答率が既に高く, 効果が見られ難くなったためであるといえる。

次に理解状況に基づいたマッチングが要因である場合, 事前テスト後に教えあいが円滑に進められていたといえる。また, 理解箇所に基づいたマッチングを行っていたため, 教えあいを行える箇所が多く存在して

いたと考える。

今回の評価実践では、ランダムなマッチング(統制群)と理解状況を参照としたマッチング(実験群)での教えあいの比較を行った。理解状況を参照としたマッ

ングは、ランダムなマッチングに比べ、高い効果量と正答率の上昇がみられ、受講生の理解が高まったことを示している。

表 2. ランダムなマッチングを使用した評価実践(統制群)の

事前テスト及び事後テストの平均の平均と正答率及び不正解から正解になった問題数の平均

	事前テスト成績	事後テスト成績	不正解から正解になった数
平均	7.61 点	8.79 点	1.76 問
正答率	63.45%	73.23%	

表 3. 理解状況を基にしたマッチングを使用した評価実践(実験群)の

事前テスト及び事後テストの平均の平均と正答率及び不正解から正解になった問題数の平均

	事前テスト成績	事後テスト成績	不正解から正解になった数
平均	9.23 点	21.06 点	13.86 問
正答率	18.47%	42.14%	

表 4. 受講生全体を対象としたアンケート内容の平均値

	統制群	実験群
グループワークにより勉強に対するやる気が向上したか?	3.82	3.59

表 5. 教える側の受講生を対象としたアンケート内容の平均値

	統制群	実験群
システムによりどこまで理解できているかを把握できたか?	3.78	3.38
システムは理解状況を知ること役に役立てたか?	3.82	3.34
システムは教える際に役立ったか?	3.50	2.86
教えることで、相手の理解を向上させたと思うか?	3.50	2.72
教えることで、自身の理解が向上したと思うか?	3.76	3.10
システムによりどこが理解できていないかを把握できたか?	3.78	3.41

表 6. 教えられる側の受講生を対象としたアンケート内容の平均値

	統制群	実験群
システムによりどこまで理解できているかを相手に把握してもらえたか？	3.76	3.65
システムは理解状況を知ってもらうのに役立ったか？	3.73	3.61
システムは、教えてもらう際に役立ったか？	3.57	3.30
教えてもらうことで自身の理解は向上したと思うか？	3.92	3.70
システムによりどこを理解していないかを把握してもらえたか？	3.53	3.74

表 7. システムを使用したマッチングとランダムなマッチングの正答率と効果量

	事前テスト正答率	事後テスト正答率	cohen's d
ランダムなマッチング	40.32%	46.37%	0.38
理解状況を基にしたマッチング	19.09%	43.96%	1.29

6. あとがき

本研究では教員一人に対して多数の学生の講義で、一人ひとりの理解が追いついていない問題に対しての解決方法を提案した。その際に、受講生の中でも理解度の高い学生に教師のような役割を持たせ、理解度の低い学生に教授を行うという方法を提案した。

しかしながら、講義の枠組みを提案しただけでは問題解決には至らず、教えあいの活動の質に踏み込む必要があった。また、教授活動に関して苦手な学生も多く、一度目の事前実践では教えあいの質には踏み込んでおらず問題が残る形として終わってしまった。二度目の事前実践では事前テストを予め用意することにより、相手がどこの問題を理解していないかを明確にすることができ、適切な教えあいが行われた。

次に、事前実践を踏まえ評価実践を行った。評価実践では、まず、ノートリビルディングシステムを使用し、学生の理解状況を取得した。また、取得した理解状況を基に教えあいの支援を行った。まず、教えあいの際にお互いの理解状況を可視化するために、ノートリビルディングシステムで作成したノートをお互いに見せ合うように指示を出した。さらに、ペアマッチングの際には、取得した理解状況から理解箇所を基にしてペアの決定を行った。

本手法では、理解箇所のみを参考にしてペアマッチングを行ったが、今後は、理解箇所以外の要素を参考にし、より良い手法を提案したいと考える。

謝辞

本論文は科研費基盤研究(C)(15K00492)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 東本 崇仁, 平嶋 宗: “講義に対する理解促進のためのノートリビルディング法の提案と支援システムの開発・評価”, 教育システム情報学会誌, Vol.31, No.4, pp.264-269 (2014)