

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：21201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02825

研究課題名(和文)主体的な学びの促進と項目プールの構築を目指す次世代作問学習支援システムの研究

研究課題名(英文) A Study on a Next Generation Problem-Posing Learning Support System to aim at promotion of active learning and construction of item pool

研究代表者

高木 正則 (TAKAGI, MASANORI)

岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・准教授

研究者番号：80460088

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、作問学習を通して、(1)学習者が主体的に思考力・判断力・表現力を向上できる学習環境の構築と(2)コンピュータ適応型テストでの活用を想定した項目プールの構築を目的とし、目標設定、作問、自己評価、他者評価の学習サイクルを繰り返す学習モデルと次世代作問学習支援システムを設計・開発した。また、作問学習のプロセスと思考力・判断力・表現力の関係性について分析し、作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を測定する独自のルーブリックを開発した。本学の授業で開発したシステムを利用して作問学習を継続的に実践した結果、思考力・判断力・表現力の自己評価が向上したことが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は自己調整学習の側面から作問学習プロセスをモデル化し、作問学習と思考力・判断力・表現力の関係性を分析した点に学術的独自性があり、思考力・判断力・表現力等の育成が重要視されている昨今の教育現場に大きな意義があると考えられる。また、作問学習で作成された問題を項目プールの構築に役立てようとしている点に学術的な発展性があり、これまで項目プールの構築を担ってきたテスト開発関係者に新たな方向性を示す可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to build a learning environment for improving thinking, judgment and expression ability through problem-posing learning, and constructing an item pool that is expected to be used in computer-adaptive test. In order to achieve the above objectives, we designed and developed a learning model in which cycles of goal setting, quiz creation, self-assessment, and peer assessment were repeated and a next generation problem-posing learning support system. In addition, we analyzed the relationship between the problem-posing learning process and the ability, and created rubrics for measuring those ability. As a result of continuous practice of the learning cycle using the developed system in our university class, we could show that the self-assessment of those ability improved.

研究分野：教育工学

キーワード：作問学習 思考力・判断力・表現力 ルーブリック 自己評価 他者評価 eテストング 項目プール

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

近年、高等教育では知識・技能だけでなく、思考力・判断力・表現力、主体性・多様性・協働性の育成の重要性が指摘されている。平成32年度入試からは、現行のセンター試験が廃止され、思考力・判断力・表現力を中心に評価する「大学入学共通テスト」の実施が公表されている。現在、科目ごとに思考力・判断力・表現力を評価するための問題作りが進んでおり、「大学入学共通テスト」の開始後は大学でも思考力・判断力・表現力の育成を重視した授業の実施が求められる。しかし、学習者が主体的に「思考力・判断力・表現力」を向上するための学習方法や授業実践に関する研究は少ない(課題1)。

一方、研究代表者は先行研究で e-Learning の演習問題の不足の改善と教員 - 学生間ならびに学生同士のインタラクティブ性の向上を目的とし、学習者が問題を作成する活動を取り入れた新たな学習モデルを提案し、このモデルを実現する WBT システム「CollabTest」を開発した。平成14年度から現在まで15年以上に渡って CollabTest を大学や高校、小学校等で継続的に利用している。現在までに200科目以上で利用され、その結果、23,000問を超える膨大な問題が蓄積され、作問学習による授業外学習時間の増加や記述式の一部の問題の得点の向上が確認された。しかし、作問によってどのような能力が向上するのか等、作問による学習効果は完全には明らかになっていない(課題2)。また、学習者の中には、既存の問題の一部の数字や語句のみを変更した簡単な問題を作成する学生もいるため、全員が作問による学習効果を得ているとはいえない。さらに、作問学習によって作成された問題の一部には適切な難易度・識別度の良問もあるが、次年度以降の授業後で再利用されることなく、多数の問題が埋もれているのが現状である。一方で、近年では受験者の解答パターンに応じて難易度の異なる問題を動的に出題するコンピュータ適応型テストの研究も進んでいる。しかし、適応型テストを実施する上で必要となる項目プールの構築には多大な人的コストがかかる(課題3)ため、教育現場での普及には至っていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、作問学習(学習者自らが問題を作成することで学びを深める学習方法)を通して、(1)学習者が主体的に思考力・判断力・表現力を向上できる学習環境の構築と(2)コンピュータ適応型テストでの活用を想定した項目プール(難易度、識別度が既知で共通尺度に等化された問題のデータベース)を構築することである。

### 3. 研究の方法

本研究では、上述した2つの目的を同時に達成できる作問学習/項目プール構築プロセス(図1)と次世代作問学習支援システム(図2)を開発する。学習者は図1に示した3つのフェーズを繰り返し、自身の思考力・判断力・表現力を意識しながら自発的フィードバックループ(学習者が自らの学習方略をモニターし、ある学習方略から他の方略に切り替える行為)を回して作問学習に取り組む(課題1への対応)。教員は作問学習で学生が作成した問題(特に精選された問題)を利用し、項目プールを構築する(課題3への対応)。また、本システムの利用結果から、作問学習による思考力・判断力・表現力への影響を明らかにする(課題2への対応)。

本研究では、まず、作問学習の結果から思考力・判断力・表現力を評価するためのルーブリックを作成し、ルーブリックデータベースを構築する。次に、学習者がこのルーブリックから作問学習で達成したい基準を選択・登録できる機能(ルーブリック登録モジュール)を設計・開発する。また、作問学習の過程で生成される学習記録(演習目標、作成した問題、自己評価結果、相互評価結果、解答結果、振り返り時の気づき等)を登録する学習記録登録モジュールや思考力・判断力・表現力の自己評価、教員による評価の結果、その他の登録した学習記録を簡潔に整理して表示する可視化モジュール、良問精選モジュールを設計・開発する。

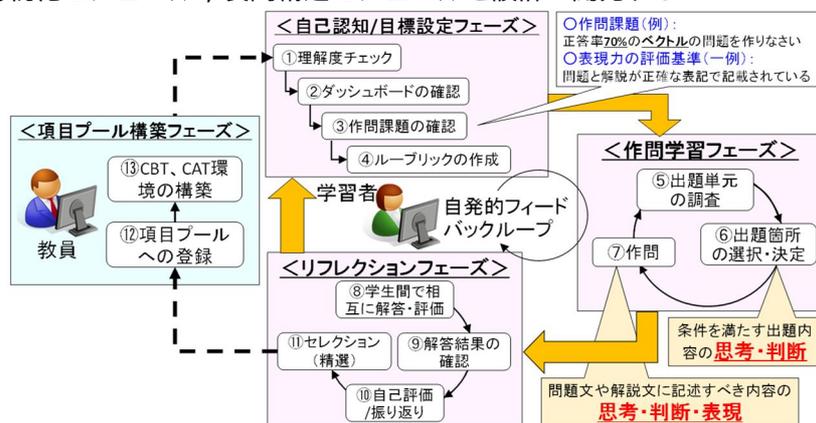


図1 本研究で提案した作問学習/項目プール構築プロセス

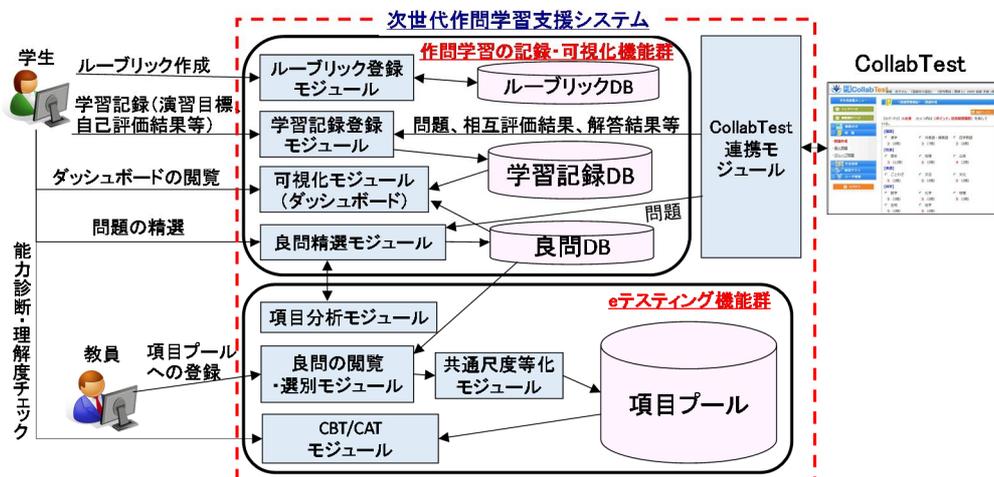


図2 本研究で設計したシステムの構成

研究代表者が担当する授業（数学のリメディアル科目）で本システムを利用し、学生の自己評価の結果や教員評価の結果、作成された問題の量的・質的分析の結果、学生へのアンケートの結果等から、本システムと作問学習のプロセスが思考力・判断力・表現力の向上に有効であることを明らかにする。また、項目プールを試作し、作問学習で作成された問題を利用した適応型テストの実現可能性を明らかにする。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究の主な成果

作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価するためのループリックの開発

作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価するために、作問学習のプロセスと思考力・判断力・表現力の関係を分析したうえで、それぞれの能力を評価するための評価規準（学習における到達目標を示したものを）を設定した。次に、ICE ループリックを参考にしながら、各規準に対応する評価基準（学習到達しているレベルを具体的に示したものを）をレベル0～レベル3まで設定した。作成したループリックは大学の授業で実施された作問学習で継続的に使用し、学生へのアンケート結果等をもとに規準の見直しや基準の細分化などの改良を行った。本研究で開発したループリックを表1に示す。

作問学習の記録・可視化機能群の開発

本学ソフトウェア情報学部ではMoodle (<https://moodle.org/>) を運用しており、本学部の学生全員にMoodleのアカウントが付与されているため、図2の作問学習の記録・可視化機能群をMoodleのプラグインとして開発した。開発言語はPHP, JavaScript, DBMSにMySQLを用いた。図3に自己評価結果の入力画面例、図4にダッシュボードの画面例を示す。自己評価の結果は、選択された評価基準のレベルを点数化し、3つの能力ごとに合計して10点換算されて数値化される。また、算出された値はダッシュボード機能でレーダーチャートと一覧表で示される。

作問学習と思考力・判断力・表現力の関連性

開発したループリックや自己評価機能等を利用し、大学の授業「情報基礎数学」で継続的に目標設定、作問学習、自己評価、他者評価を実施した。その結果、思考力・判断力・表現力の自己評価の結果が有意に向上したことが確認された。また、評価規準ごとに自己評価の変化について確認した結果、ほとんどの規準が有意に向上しており、作問学習プロセスの様々な箇所での思考力・判断力・表現力が育成されていることが示唆された。

自己評価と他者評価の結果を規準ごとに分析したところ、表1の評価規準3（自分で工夫した問題を作成することができる）では、TA/SAの評価値が低い傾向にあった。これは、学生自身は問題を作成する過程で様々な検討を工夫したが、結果的に作成された問題にはその工夫が反映されていなかったことが要因として考えられる。また、表1の評価規準4（相互評価用チェックリストに従った問題を作成できる）では、他者評価のほうが高く評価される傾向にあり、自己評価では自身の作成した問題に対して厳しく評価する傾向が明らかとなった。さらに、グループメンバーの評価では、どちらの評価規準についても自己評価よりも高い基準を選択しており、他者への評価は高い傾向にあった。

自己認知、目標設定、振り返りが作問学習の学習効果に与える影響

本研究では、自己調整学習の観点から作問学習をモデル化し、目標設定・自己評価・他者評価を取り入れた作問学習を提案した。大学の授業で提案モデルに基づく作問学習を実践した結果、自己評価を行うことで、数学の問題を作成した際の数値の決定の仕方、解説の書き方、グループワークにおける他者の評価等について振り返りを促せていたことが明らかとなった。また、自己

表1 作問学習に関連する思考力・判断力・表現力を評価するためのループリック

No.	評価規準	評価基準				関連する能力
		レベル0	レベル1	レベル2	レベル3	
1	作問課題に関連する単元や内容を列挙して構造化する	・作問課題の出題範囲を見直していない ・作問課題に関連する単元や内容を十分に理解していない	今回の作問課題に関連する単元や内容を列挙した	今回の作問課題に関連する単元や内容を列挙し、それらの関連性を分析した	今回の作問課題に関連する単元や内容を比較・分類し、どのような問題が作れそうか予測した	<b>思考力[作問を通じた創造的思考力]</b> ：利用できると思われる出題箇所の列挙 <b>判断力</b> ：利用できると思われる出題箇所の列挙
2	解答者がどの程度正解しそうか仮説を形成し出題する内容を決定する	解答者がどの程度正解しそうか仮説を形成(予測)しないで、出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を把握したうえで出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を分析し、今回の出題範囲の知識との関連性を比較したうえで、出題する内容を決定した	過去問題の正答率や作問学習の結果を分析し、今回の出題範囲の知識との関連性を比較したうえで、解答者がどの程度正解しそうか仮説を形成(予測)して出題する内容を決定した	<b>思考力[推論,仮説]</b> ：知識や情報に基づく仮説の形成 <b>判断力</b> ：出題箇所の比較・決定
3	自分で工夫した問題を作成することができる	・問題(選択肢、解説を含む)を作成しなかった ・既存の問題とほぼ同じ問題を作成した	既存の問題を列挙し、既存の問題の一部を修正(選択肢や数字を変える等)して問題を作成した	既存の問題を比較・分析し、既存の問題と類似した問題(同じ解法で解答できる問題等)を作成した	既存の問題を比較・分析し、既存の問題の解法を新しい場面や状況に応用した問題を作成した	<b>思考力[推論,仮説]</b> ：結果の予測 <b>思考力[作問を通じた創造的思考力]</b> ：出題箇所の問題化 <b>判断力</b> ：作問に関する意思決定 <b>表現力</b> ：作問時における文法的表現
4	相互評価用チェックリストに従った問題を作成できる	相互評価用チェックリストの項目を意識せずに問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を意識して問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を逐次確認しながら問題を作成した	相互評価用チェックリストの項目を満たしているか、逐次評価しながら問題を作成した	<b>表現力</b> ：作問時における文法的表現
5	相互評価用チェックリストに従ってグループメンバーの問題を正しく評価できる	相互評価用チェックリストを意識せずにグループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を意識してグループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を逐次確認しながらグループメンバーの問題を評価した	相互評価用チェックリストの項目を満たしているか、逐次評価しながらグループメンバーの問題を評価した	<b>判断力</b> ：問題の評価・選択
6	問題の相互評価の際に、グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見や考えを伝えることができる	自分の意見や考えを伝えることができなかった(コメントを投稿しなかった)	グループメンバーの問題を解いた感想を伝えることができた	グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見を伝えることができた	グループメンバーの問題の表現や難易度等の改善点について自分の意見や考えを具体例を示しながら相手に分かりやすく伝えることができた	<b>表現力</b> ：グループセッションにおける意思疎通、表現
7	グループメンバーからの意見を理解し活用することができる	・グループメンバーから意見をもらっていない、または、確認していない ・相互評価の際のグループメンバーからの意見を理解できなかった	相互評価の際のグループメンバーからの意見を十分に理解できた	グループメンバーからの意見を十分に理解し、問題を見直して修正した	グループメンバーからの意見に基づいて問題を修正することでどのように問題が改善されるかを予測したうえで、問題を修正した	<b>思考力[作問を通じた創造的思考力]</b> ：出題箇所の問題化 <b>判断力</b> ：受け取った指摘を採用するかの意思決定 <b>表現力</b> ：グループセッションにおける意思疎通、表現 <b>表現力</b> ：作問時における文法的表現(記号や図表なども含む) <b>三要素の中のひとつである多様性の向上</b>
8	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度を検討・調整できる	次回の作問に向けて出題範囲や難易度の調整をどのようにすればいいのか分からない(検討していない)	次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善点を列挙できる	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善点を具体的に説明できる	今回の作問や相互評価の結果を踏まえ、次回の作問に向けた出題範囲や難易度の改善や調整を計画している	<b>思考力[作問を通じた創造的思考力]</b> ：結果に基づいた次の作問演習に向けた考察 <b>判断力</b> ：問題難易度の基準調整

規準	基準			
	レベル0	レベル1	レベル2	レベル3
作問課題に関連する単元や内容を考察する	● 今回の作問課題に関連する単元や内容を1つだけ見つけて問題を作成した	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を1つだけ見つけて問題を作成した	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を2つ以上見つけて問題を作成した 設定した目標	● 今回の作問課題の出題範囲を見直した上で、作問課題に関連する単元や内容を2つ以上見つけ、その中から最も適切な単元や内容を選んで問題を作成した
各単元や内容についてそれぞれの関係性を構造化する	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を見つけてきたことができなかった	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を見つけてきたが、それらの関係性を図などを用いて表現することができない	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を図などを用いて表現することができる 設定した目標	● 出題できそうな単元や内容について、それぞれの関係性を図などを用いて表現することができ、その単元や内容の要点を説明できる
解答者がどの程度正解しそうで仮説を形成し出題する内容を決定する	● 出題する内容を決めるときに何も考えずに利用する内容を決定した	● 出題する内容を決めるときに直感的に解答者がどの程度正解しそうで仮説を形成(予測)し、出題する内容を決定した	● 出題する内容を決めるときに今まで作問学習の結果や経験に基づいて解答者がどの程度正解しそうで仮説を形成(予測)し、出題する内容を決定した	● 出題する内容を決めるときに過去の出題した問題の正答率を分析し、解答者がどの程度正解しそうで仮説を形成(予測)し、出題する内容を決定した

図3 自己評価の入力画面例

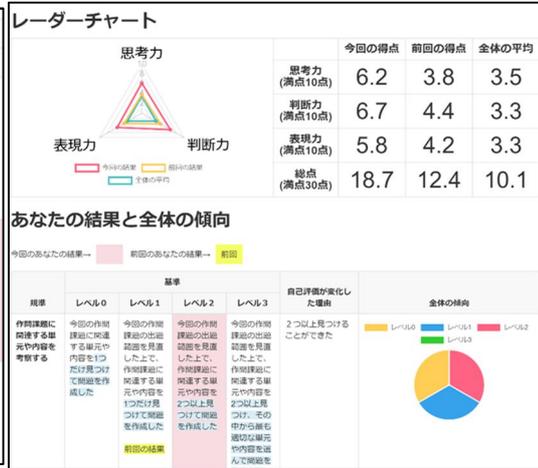


図4 ダッシュボードの画面例

評価が変化した理由を考察することが、作問学習や作成した問題の相互評価についての考察を促進しており、作問学習プロセスのなかで自己評価を行うことが自己認知に寄与している可能性が示唆された。

また、継続して目標設定を行った結果、目標設定は自己評価に比べて初回から高い目標を設定する学生が多い傾向にあることが分かった。さらに、目標設定と自己評価について分析した結果、目標を達成した結果、自己評価が向上した学生は、目標を達成できず自己評価が低下した学生よりも多かった。一方で、目標も自己評価も変化がない学生が半数程度いた。また、目標設定についてアンケートを行った結果、半数程度の学生が設定した目標を意識して作問学習に取り組んでおり、意識したと回答した学生の自己評価結果が有意に向上していた。さらに、作成した問題の正答率をフィードバックすることで、作成した問題を客観的に把握できるようになり、次回の作問に向けた改善の指標となっていることが示唆された。これらの結果から、作問学習の前に目標設定を行うことが思考力・判断力・表現力の自己評価の向上に有効であることが示唆された。

### (2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

学習者が作問できる学習支援システムは、国内外で開発されているが、本研究のように思考力・判断力・表現力の向上を促す観点で作問学習支援システムを設計した研究は存在しない。また、多様な能力が求められることが推測される作問という活動を通じた学習効果は、完全には明らかになっていない。本研究は作問学習と思考力・判断力・表現力の関連性を詳細に分析した初めての研究である。また、作問学習で作成された問題を適応型テストで利用できる項目プールの構築に活用しようとした初めての研究でもある。そのため、本研究は作問学習と自己調整学習、適応型テストを融合した新しい研究領域として位置付けられ、思考力・判断力・表現力等の能力の育成が求められる教育現場や、適応型テストの導入に向けた項目プールの構築を検討しているテスト作成者に多大なインパクトがあると考えられる。

### (3) 今後の展望

今後は継続して作問学習を実施した際に、自己評価も目標設定も変化がない学生に対して、自己評価や目標の向上を意識させるための支援が必要である。また、本研究では、Moodleのプラグインとして各種機能を開発したため、作問学習フェーズでは、先行研究で開発したCollabTestにアクセスし、自己評価や他者評価の際はMoodleにアクセスする必要があるが、画面の遷移や結果の表示などが煩雑であった。そのため、今後はMoodle内で問題の作成・登録や問題の相互評価も行えるように、各種機能の開発を目指す。また、各問題の正答率についても項目分析を用いたフィードバックを行うモジュールの開発を目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 間淵皓介, 丸山浩平, 宮寺庸造, 森本康彦	4. 巻 Vol137, No2
2. 論文標題 社会ネットワーク分析を用いた相互評価活動支援システムの開発と評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.143-148
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14926/jsise.37.143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤雅希, 高木正則, 山田敬三, 佐々木淳
2. 発表標題 作問学習における思考力・判断力・表現力の自己評価支援機能の開発と評価
3. 学会等名 教育システム情報学会第43回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤雅希, 高木正則
2. 発表標題 作問学習における思考力・判断力・表現力の自己評価と他者評価の実践と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告コンピュータと教育（CE），Vol. 2019-CE-149, No.8, pp.1-8
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤雅希, 森本康彦, 高木正則
2. 発表標題 作問学習における思考力・判断力・表現力の自己評価支援機能の継続的な利用と分析
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木正則, 瀬戸山光宏
2. 発表標題 MS-Office操作スキルを測定するコンピュータ適応型テストの開発と評価
3. 学会等名 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, 2019, pp.220-225
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤雅希, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 作問学習における思考力・判断力・表現力の目標設定・自己評価・他者評価の継続的な実践と分析
3. 学会等名 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), Vol. 2020-CE-153, No.17, pp.1-9
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤弘祐, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 「共通教科情報」での実生活と関連付けた知的財産権に関する問題を題材とした作問学習の実践と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), Vol. 2020-CE-153, No.18, pp.1-8
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部佳章, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 作問学習で作成された問題の質と自己評価の分析
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 間淵皓介, 佐藤隼明, 森本康彦
2. 発表標題 eポートフォリオを活用した個人内評価モデルに基づく評価支援システムの開発
3. 学会等名 教育システム情報学会研究報告 Vol.34, No6, pp.69-74
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木正則, 瀬戸山光宏
2. 発表標題 MS-Office操作スキルを対象とした適応型学習のためのAIドリル教材の開発と評価
3. 学会等名 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2020, pp.17-22
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 雅希, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 作問時の目標設定と自己評価・他者評価を取り入れた作問学習の実践と評価
3. 学会等名 教育システム情報学会研究報告, Vol.35, No.5, pp.37-44
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部佳章, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 確率論に関する類似問題と難易度の関係性の分析
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会講演論文集, Vol.2021, No.4, pp.787-788
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究成果の概要ページ  
<https://takagi-lab.jp/research/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	森本 康彦  (Morimoto Yasuhiko)  (10387532)	東京学芸大学・ICTセンター・教授   (12604)	
研究 分 担 者	市川 尚  (Ichikawa Hisashi)  (40305313)	岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・准教授   (21201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------