

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：34309

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01728

研究課題名(和文) アプリケーション操作の測定に基づく思考プロセスの分析と学習支援

研究課題名(英文) The Thinking Process Analysis and The Learning Support Based on The Measurement of Application Operations

研究代表者

大場 みち子 (Oba, Michiko)

京都橘大学・工学部・教授

研究者番号：30588223

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,010,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミングや作文などをパズル・アプリケーションに仕立てて、課題としてパズル問題を開発し、パズルを解く操作を測定・分析することで、問題解決のプロセスを検出した。題材にはレポート、プログラミング、自然言語でアルゴリズムを考える問題、図形の証明問題、ロジックツリー、15パズルを取り上げた。

これらを解くプロセスの分析手法として、時間的共起分析を応用して、取捨選択の様子から作問の狙い通りの選択肢で迷っているかを観察できた。また、解答の状態遷移における閉路を分析して、従来にない複雑な試行錯誤を検出できた。これらは正解の存在を前提とせず試行錯誤を分析できるため、近年の教育のニーズに合致している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の教育は、答えのない課題に試行錯誤で取り組める人材の育成に取り組んでいる。答えのない課題への取り組みの評価では、普遍的な正解がないので、正答率の向上といった従来の学習分析の手法が使えない。また、試行錯誤を評価するためには、単に悩んでいることの検出にとどまらず、悩み方の内容を明らかにできる必要がある。結果の予測だけでは不十分で、プロセスの解明が期待されるのである。

本研究が開発したパズル・アプリケーションや分析手法は、問題解決のプロセスを測定・分析するものである。これらは正解の存在を前提とせず試行錯誤を識別できるため、近年の教育のニーズに合致している。

研究成果の概要(英文)：We turned programming and writing into puzzle applications, developed puzzle problems as assignments, and detected the problem-solving process by measuring and analyzing the puzzle operations. The subjects included reports, programming, algorithmic issues in natural language, proof problems of figures, logic trees, and 15 puzzles.

By applying temporal co-occurrence analysis, we were able to observe the selection-and-deselection process to see whether the participants were selecting the options intended in the questions' design. Also, by analyzing cycles in the state transitions of the solutions, we could detect complex trial-and-error processes, which were impossible in previous studies. Since these methods can analyze trial-and-error without assuming the existence of the correct solution, they meet the needs of recent education.

研究分野：教育工学

キーワード：取捨選択・並べ替え作文 取捨選択・並べ替えプログラミング 時間的共起分析 状態遷移の閉路の分析 答えのない課題 試行錯誤 学習分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の教育は、矛盾をはらみ答えのない課題に試行錯誤で取り組める人材の育成に取り組んでいる。答えのない課題への取り組みの評価では、普遍的な正解がないので、正答率の向上といった従来の学習分析の手法が使えない。

(2) IT を活用した教材アプリケーションの導入によって、プログラミング教育などでは、解くプロセスでの行き詰まりなどを検出できつつあった。しかし、試行錯誤を評価するためには、単に悩んでいることの検出にとどまらず、悩み方の内容を明らかにできる必要がある。結果の予測だけでは不十分で、プロセスの解明が期待された。

2. 研究の目的

(1) 思考・判断・表現など知的活動のプロセスを評価する方法を確立する。試行錯誤を検出・評価することが本研究の特長である。

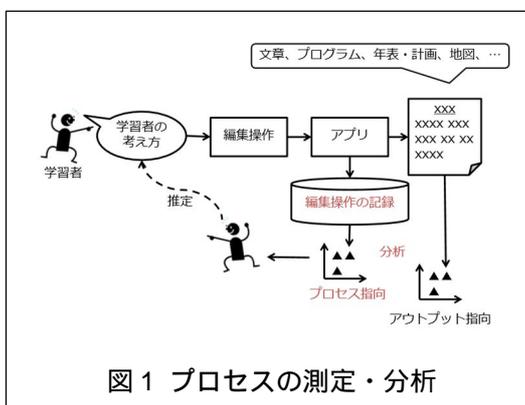
(2) プログラミングや作文など様々な教材アプリケーションで、効果的な課題と実施方法、効果的なアプリケーション、解くプロセスの効果的な観察・測定手法、プロセスを測定した時系列データの効果的な分析手法、分析結果に基づくプロセスの評価手法を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) プログラミングや作文などをパズル・アプリケーションに仕立てて、編集操作を記録・分析する(図 1)。実験または実際の授業・演習などに適用してデータを収集し、開発した手法で分析し評価する。

(2) 題材は、プログラミング、数学の証明問題、アカデミック・ライティング、ロジカルシンキング、15 パズルなどを想定する。

(3) 実施にあたっては被験者・受講者からデータ提供の同意を得る。



4. 研究成果

(1) パズル・アプリケーション、パズル問題

並べ替え作文のジグソー・テキスト(図 2 左)、取捨選択・並べ替えプログラミングのジグソー・コード 2(図 2 右)、ワークシート作文の Topic Writer(図 3 左)や 15 パズル(図 3 右)などのアプリケーションを開発した。それらを使って、Java、JavaScript、データベース処理の SQL、プログラミング言語を日本語に訳して自然言語でアルゴリズムを考える問題、図形の証明問題、ロジックツリー(目的と根拠、目的と手段、問題と原因)などを題材としたパズル問題を開発した。

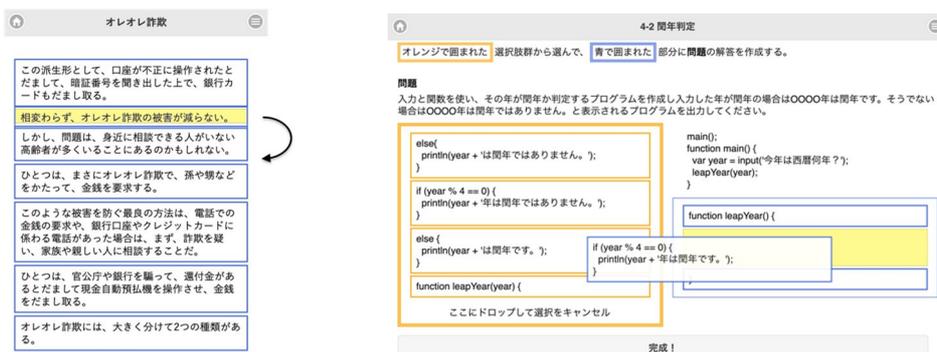


図 2 並べ替え作文のジグソー・テキスト(左)と左枠から取捨選択して右枠内に並べ替えてプログラムを完成させるジグソー・コード 2(右)

項目	内容
読み手	ライティングの教師や教育分野の研究者
読み手の特徴(ペルソナ)を書き出す	(クリックして操作)
概念 それは何か、一文で簡潔に書く	ジグソー・テキストは、文章の並べ替え作文アプリである。
説明 具体的に説明する	文章を分割してランダムに並べられたピースを、並べ替えて完成させる文章のジグソー・パズルである。 並べ替え操作を記録している。
メリット、使い方	Webアプリケーションで、スマホで手軽に操作できる。 記録したデータからプレイヤーの操作の傾向や考え方を分析できる。

6	4	14	7
9	12		11
3	13	2	15
10	8	1	5

図3 ワークシート作文の Topic Writer(左)と 15 パズル(右)

(2) 分析手法と試行錯誤の検出・評価

時間的共起分析(図4左)を応用して、取捨選択の様子から、作問の狙い通りの選択肢で迷っているか(試行錯誤)を観察できた。また、解答の状態遷移を分析して、従来にない複雑な試行錯誤を検出できた(図4右)。これらは正解の存在を前提とせず試行錯誤を分析できるため、近年の教育のニーズに合致している。15パズルでは、操作の時間間隔を分析して初心者が上達する様子を検出できた。これらのうち正解のある問題については、項目反応理論で分析して問題の識別度を評価した。

n \ n+1	s3	s4	s5	s6	s8	s9	s10	s11
s3	29	32	14	35	13	27	15	18
s4	18	47	76	21	5	66	32	36
s5	31	27	34	77	15	17	22	25
s6	39	15	11	39	25	14	10	10
s8	15	12	6	21	26	6	3	5
s9	10	77	32	13	5	37	38	36
s10	17	14	24	28	9	17	39	23
s11	25	14	42	35	10	9	16	48

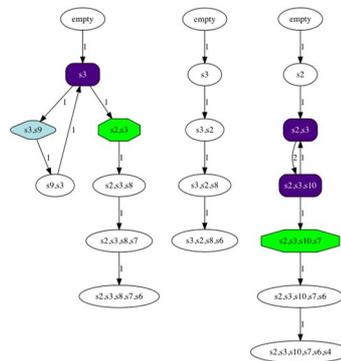


図4 s3などをプログラムの断片(ピース)とすると、2つの対象(s4とs5など)が続けて操作される(共起する)頻度を整理した時間的な共起行列による分析(左)と、解({s2,s3}など)の状態遷移における閉路から試行錯誤を検出する分析(右)

(3) 授業・実験、操作性と性能

数人の被験者による実験だけでなく、200人規模のオンライン/対面授業で4期にわたって、開発したアプリケーションを使った。開発したアプリケーションは、高校の授業において、操作性が良く現場のニーズに応えるものであるとの評価を得た。アプリケーションの性能を評価・改善し、200人が同時に問題を解き始めても測定データの欠損を問題ない範囲に抑えることができた。

(4) データサイエンス教育への応用

データサイエンス教育にも取り組んだ。これは、取捨選択・並べ替え作文アプリを使って、受講生自身が問題を作成して、互いの問題を解いて、解くプロセスを自ら分析して発表するものである。受講生たちが、歴史・地理だけでなく、道徳的・心理的なジレンマを含むトロッコ問題も多く作成していたことは注目に値する。

(5) 研究期間の後半では、学会で「答えのない課題の解決」をテーマにした特集論文が組まれたり、一般向け雑誌で「暗記から探求へ」の特集が組まれるなど、本研究が取り組んだ課題が広く認識されるようになった。

以上

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 山口 琢, 松澤 芳昭, 新見 礼彦, 大場 みち子	4. 巻 144
2. 論文標題 並べ替えプログラミング・パズルにおけるユーザアクセス、測定データのリトライと欠損	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Yamaguchi Taku, Matsuzawa Yoshiaki, Niimi Ayahiko, Oba Michiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Cycles in State Transition as Trial-and-Errors in Solving Programming Exercises	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Towards a Collaborative Society Through Creative Learning	6. 最初と最後の頁 542 ~ 553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-43393-1_49	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47件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 大場みち子
2. 発表標題 地理・空間情報を題材とした思考プロセスのデータサイエンス教育
3. 学会等名 CSISシンポジウム「空間情報科学・地理学の新たな教育に向けて」（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大場 みち子, 山口 琢
2. 発表標題 地理情報を題材とした並べ替えアプリを用いたデータサイエンス教育の実践
3. 学会等名 情報処理学会 研究報告ドキュメントコミュニケーション(DC) 第132回研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大場みち子, 山口琢
2. 発表標題 研究プロセスを想定したデータサイエンス教育の実践
3. 学会等名 教育システム情報学会(JSiSE) 2023年度 第6回研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 村田 菜月, 松澤 芳昭
2. 発表標題 論理的思考力を養うことを狙ったパズル型証明問題の試作と高校での実践
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) 第174回研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 黒木 奏子, 松澤 芳昭
2. 発表標題 SQL学習者のためのパズル型問題の開発と評価
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) 第169回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西村 萌, 米澤 彩乃, 松澤 芳昭
2. 発表標題 パズル型プログラミング問題を利用した初学者の迷いや思考プロセスの個別分析の試み
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) 第169回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米澤 彩乃, 西村 萌, 松澤 芳昭
2. 発表標題 アルゴリズム構築学習のための日本語訳プログラミングパズルの開発と評価
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) 第169回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口 琢, 新美 礼彦, 大場 みち子
2. 発表標題 スクリーン・リーダーによる複雑な情報処理における考え方の分析
3. 学会等名 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI) 第201回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口 琢, 新美 礼彦, 大場 みち子
2. 発表標題 文章のV字エディタの開発
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)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村 萌, 米澤 彩乃, 上島 綺夏, 黒木 奏子, 松澤 芳昭
2. 発表標題 プログラミング初学者のためのパズル型問題開発と問題分析
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)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大場 みち子, 川上 達也, 山口 琢
2. 発表標題 グループ・ライティングツールの開発とオンライン授業への適用
3. 学会等名 情報処理学会研究報告ドキュメントコミュニケーション (DC)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川上 達也, 山口 琢, 角 康之, 大場 みち子
2. 発表標題 反転授業におけるグループワークの学習状況の把握支援システム
3. 学会等名 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川上達也、角康之、山口琢、大場みち子
2. 発表標題 反転授業におけるワークシートを利用した事前学習と授業活動の関係分析
3. 学会等名 教育システム情報学会研究会、2023.1.21
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡邊雄之介、山口琢、大場みち子
2. 発表標題 パズル型プログラミング問題を用いた学習者の思考過程に基づく学習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会、2023.1.21
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本慎平、安倍恵介、秋吉政徳、有吉勇介、井上和重、大場みち子、他
2. 発表標題 エビデンスに基づく教育・学習支援に向けて：教育の情報化に関する現状分析
3. 学会等名 電気学会研究会資料. IS、情報システム研究会、2022.10
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口 琢, 新美 礼彦, 大場 みち子
2. 発表標題 考えるプロセスの測定・分析のすすめ 学習プロセスの時間的な共起分析
3. 学会等名 知能と情報 33(4) 117-125 2021年11月15日
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 琢, 松澤 芳昭, 新美 礼彦, 大場 みち子
2. 発表標題 取捨選択操作の時間的な共起分析によるプログラミング・プロセスでの迷いの検出
3. 学会等名 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2021-CE-160(8), 1-6 (2021-05-29), 2188-8930
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都橋大学大場みち子研究室Webサイト https://michikolab.net/</p>

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	峯 恒憲 (Mine Tsunenori) (30243851)	九州大学・システム情報科学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	松澤 芳昭 (Matsuzawa Yoshiaki) (40517017)	青山学院大学・社会情報学部・准教授 (32601)	
研究分担者	新美 礼彦 (Niimi Ayahiko) (80347179)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	

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