

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03078

研究課題名(和文)リアルタイムラーニングアナリティクスによる授業態度・理解度の分析と可視化

研究課題名(英文) Analysis and Visualization of Class Attitudes and Understanding using Real-time Learning Analytics

研究代表者

田中 哲雄 (Tanaka, Tetsuo)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：90727984

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)： 教員が授業中の学生の授業態度や理解度を把握することを目的として、講義形式の授業を支援する穴埋め式ワークブックと演習形式の授業を支援するプログラミング演習システムを開発した。穴埋め式ワークブックにより、学生はシステムとのインタラクションを強制されることになり、アクティブでない学生を含めその学習行動ログを収集することができる。これを実際の授業に適用し、目的を達成できたことを確認した。プログラミング演習システムは、プログラミング時の操作ログを蓄積し、教員向けにクラス全体の進捗状況と学生ごとの進捗を提示する。これを実際の授業に適用し、学生のコーディング状況を把握できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学校教育において、アクティブとは言えない学生についても授業に集中しているのか、ただ教材の該当ページを開いているだけなのか、多くの学生がどこで躓いているのかなどをリアルタイムに把握し、教員が状況に合わせて適切なアクションを取ることができるようになる。また学術的には、ラーニングアナリティクスにおける分析対象をアクティブではない学生の授業中の詳細データにまで広げることになり、本分野の発展に寄与する。

研究成果の概要(英文)： We have developed a fill-in workbook that supports lecture-style classes and a programming exercise system that supports exercise-style classes, with the aim of allowing teachers to ascertain the attitudes and understanding of students during classes. The fill-in workbook forces students to interact with the system, and it is possible to collect learning behavior logs, including inactive students. We applied it to actual classes and confirmed that the purpose was achieved. The programming exercise system accumulates operation logs during programming and presents the progress of the entire class and the progress of each student to the teacher. We applied it to an actual class and confirmed that it was possible to ascertain the students' coding status.

研究分野：教育工学

キーワード：ラーニングアナリティクス 授業支援 穴埋め教材 学修行動ログ プログラミング演習

### 1. 研究開始当初の背景

従来のラーニングアナリティクスで用いられる学習行動ログは、教材のページめくりや、アンダーライン、メモ、質問などの時刻と内容が主である。これらのデータにより積極的にメモを取ったり質問したりするいわゆるアクティブラーナーの状態を把握することはできる。しかし、授業に出席はしているが積極的に学習行動をとらない多くの学生の状態を把握するのは難しい。また、何人の学生が教材のどこを参照しているかを把握することはできるが、個々の学生が意欲的に参加しているのかぼうっと聞いているだけなのかの判別は困難である。

### 2. 研究の目的

本研究はアクティブとは言えない学生を含むすべての学生の授業態度を教員が把握し授業の改善に資することを目的とする。授業には様々な形態があるが、特に教室やオンラインで大人数の学生向けに行う講義と、学生が実際に手を動かしてプログラミング課題を解くプログラミング演習を対象とする。

### 3. 研究の方法

学生の授業態度をリアルタイムで把握するために、授業中の学生の学習ログから授業態度を抽出して教員に提示する2つのシステム（講義科目向け穴埋め式ワークブックシステム、および、プログラミング演習システム）を開発した。

#### (1) 穴埋め式ワークブックシステムの開発とその学習行動ログの活用

穴埋め式ワークブックシステムを開発し、神奈川工科大学情報工学科の実際の授業（ソフトウェア工学、ソフトウェア基礎論）に適用した。本システムを用いた授業では、穴埋め式の電子教材を学生に提供し、学生は穴埋めを行いながら授業を受ける。穴埋めにより授業中の学生はシステムとのインタラクションを強制されることになり、アクティブとは言えない学生を含む全ての学生の学習行動ログを収集することができる。得られた学習行動ログを可視化して教員に提示することで授業を改善できることを確認する。

#### (2) プログラミング演習システムの開発とその学習行動ログの活用

プログラミング演習システムを開発し、神奈川工科大学情報工学科の実際の授業（C言語基礎ユニット、ソフトウェア基礎論）に適用する。本システムは、学生にWebベースのオンラインプログラミング環境を提供し、学生が取り組んだ演習のソースコード編集・ビルド・実行・テストなどの操作とその結果をタイムスタンプとともにログとして蓄積する。また教員向けには、クラス全体の進捗状況と、学生ごとの進捗を提示する。得られた学習行動ログを可視化して教員に提示することで授業を改善できることを確認する。

### 4. 研究成果

上記(1)、(2)のそれぞれについて主な成果を述べる。

#### (1) 穴埋め式ワークブックシステムの開発とその学習行動ログの活用

図1に示すように、本システムは、オーサリングモード、ブラウジングモード、プレゼンテーションモード、アナリティクスモードの4つのモードを持つ。教員がオーサリングモードでPDF文書をアップロードし、重要な語句を空欄にすることで教材を作成する。学生はこの教材をブラウジングモードで参照しながら穴埋めを行う。また学生は、ブラウジングモードで教材にアンダーラインを引いたり、メモを残したり、教員に質問したりすることができる。その操作が学習行動ログとしてデータベースに蓄積される。プレゼンテーションモードで全学生の穴埋めの進捗や授業態度のサマリーをリアルタイムで教員に提示する。アナリティクスモードは振り返りのためのモードで、全学生と学生個人ごとの学習行動を参照できる。

本システムで収集する学習行動ログは、穴埋め（内容、その正誤、穴埋めした空欄）、アンダーラインの教材中の位置、メモ（教材中の位置、内容）教員への質問（内容、ページ）、ページ遷移、操作（30秒間あたりの本システム

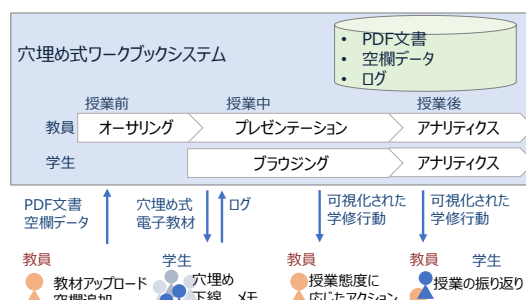


図1 穴埋め式ワークブックシステムの概要

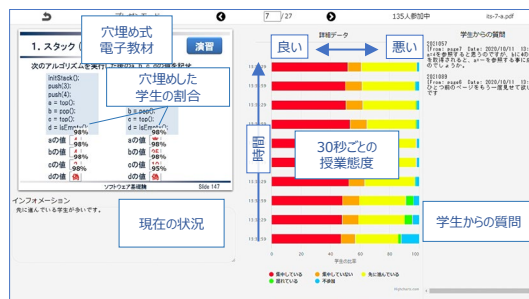


図2 教員向け画面

ムへのフォーカス時間、マウス操作数、キーボード操作数), および、それらの時刻である。

抽出した穴埋めの進捗と授業態度は図2に示すように可視化して教員に提示する。画面には、電子教材、現在の授業態度、授業態度の時系列ヒートマップ、および、学生からの質問を表示する。電子教材中の空欄部分にはその時の穴埋め率を表示する。これを参照することで、どれくらいの学生が穴埋めを終えたかを把握することができる。授業態度の時系列ヒートマップでは、授業態度の割合の変化を30秒ごとに帯グラフで表示する。これにより、その時の教室全体の授業態度の傾向と、その変化を把握することができる。

授業態度は、授業中の教員のアクションに結び付けるために、学生の進捗(ついてきている, 遅れている, 先に進んでいる)と参加の度合い(集中している, 集中していない, 不参加)を組み合わせ、集中してついてきている, ついてきているが集中していない, 先に進んでいる, 遅れている, 参加していない, の5種類とする。

本システムを実授業に適用し、アクティブとは言えない学生を含め、学生の授業態度(ついてきているか, 集中している, 演習に取り組んでいるか)を把握できることを確認した。授業中、リアルタイムにそれらの情報を参照することで、授業のペースを調整することができる。また授業後、図3に示すように授業全体の傾向を教員や学生に提示することで、授業の振り返りに活用できる。

また、教員による教材の説明時間と先に進む学生の割合を図4に示す散布図にして分析し、1ページの説明時間を2分以内に収めることで先に進む学生を減らせること、および、2分以上の説明を行う場合は連続させず説明の短いスライドを間に挟むことで先に進む学生が増えるのを抑えられることを確認した。図4中の太い直線は◆(前ページ, 現ページとも2分以上)のデータの回帰直線, 細い直線は■(前ページは2分未満, 現ページは2分以上)の回帰直線である。

さらに、本システムを適用した授業の受講者にアンケートを行った結果、図5に示すように、本システムを利用すると授業の速度がより適切に調整され、学生が授業に集中しやすくなり、授業内容が理解しやすくなったと感じていることが確認できた。授業態度が自分の認識と一致していると回答した学生は37%と少なく改善の余地がある。

## (2) プログラミング演習システムの開発とその学習行動ログの活用

本システムは図6に示すように、学生向けにオンラインプログラミング環境を提供し、教員向けにコーディング状況を提示する機能を提供する。学生が図6左側に示すプログラミング環境でコーディングすると、受講者のキー入力やプログラムの実行とその結果のログがサーバに蓄積される。システムはそのログを整形して演習状況一覧および、個々の学生の演習状況の詳細を教員に提示する。

収集するログは、演習問題に関する情報(科目ID, 演習ID, 問題ID), ユーザに関する情報(ユーザID, email, 氏名), 操作(表示, 問題切り替え, ブラウザ, 編集, コピー&ペースト, ビルド・実行・テスト), コーディング状況(未着手, 編集中, ビルド失敗, 実行失敗, テスト失敗, テスト成功), 操作結果(エディタの内容, コンソールの内容, 出力の内容(標準出力, 標準エラー出力, 出力ファイル)), および、タイムスタンプである。

本システムは、図6中央に示すような学生のコーディング状況一覧を教員に提示する。一覧には、ユーザID, ユーザ名, 座席番号, クラス, 最終更新日時, その時点での各問題の進捗を表示する。進捗は未着手, 編集中, ビルド失敗, ビルド成功(実行失敗), 実行成功(テスト失敗), 完成の何れかである。また、次に述べる各学生の演習状況の最新スナップショットへのリンクと、

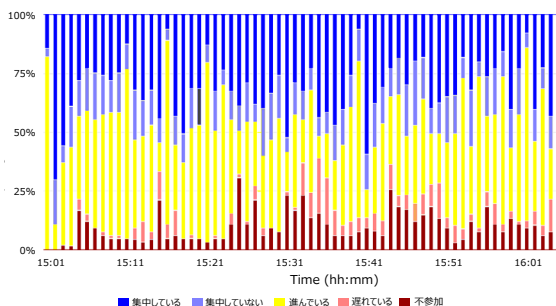


図3 授業態度の割合の時系列変化

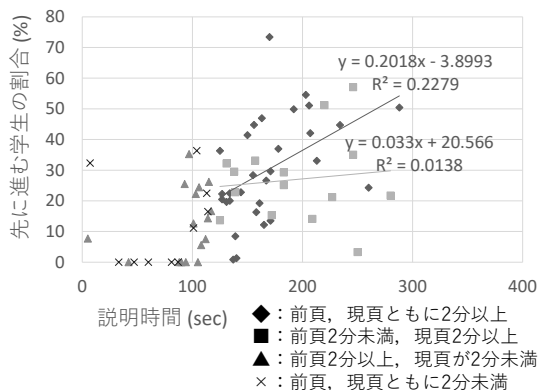


図4 説明時間と先に進む学生増加の関係

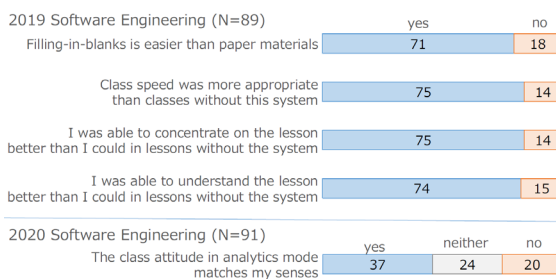


図5 学生へのアンケート結果

演習履歴アニメーションへのリンクも表示する。これにより、他の学生と比較して遅れている学生を（自ら質問しようとしないう学生であっても）容易に見つけることができる。

また、本システムは、個々の学生のコーディング状況の最新のスナップショットを教員に提示する。画面は、図6左側の学生向けのオンラインプログラミング環境と同一である。この画面で学生が書いたコードをそのまま実行し結果を参照することもできる。これにより、学生がどのようなコードを書いて、どのようなエラーが発生しているかを手元の

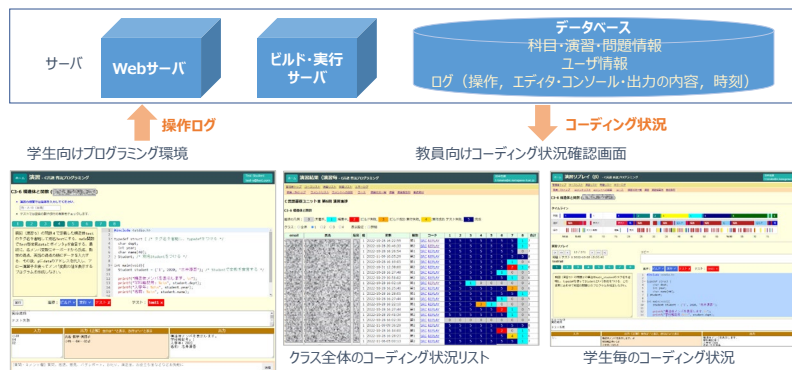


図6 プログラミング演習システムの概要

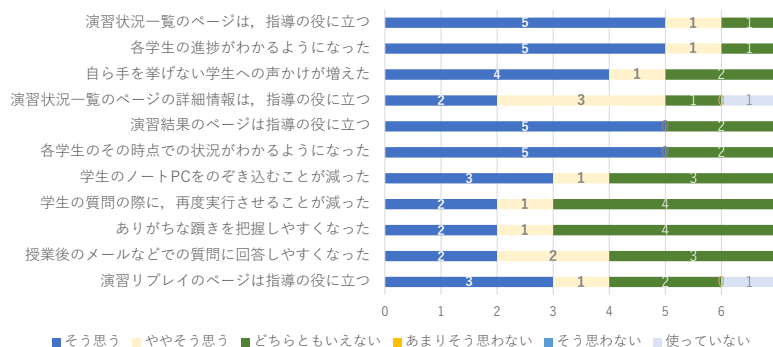


図7 教員へのアンケート結果

PCやタブレット端末で確認することができる。したがって、学生のノートPCをのぞき込まなくても、さらに、学生に画面のスクロールやプログラムの実行などを指示しなくても、教員は学生のコーディング状況を確認できる。また、演習状況一覧から、同じ問題でとまっている学生を数名ピックアップして、スナップショットを参照することで同じ誤りかどうかを確認できる。同じ誤りであれば、クラス全体に「誤りやすい箇所」として周知することができる。

さらに本システムは、図6右側に示す画面で各学生のタイムラインとコーディングの履歴をアニメーションで教員に提示する。タイムラインには、取り組んだ演習問題、各演習問題の進捗（編集、実行、テスト）、ユーザの操作とその結果（編集、実行）を時系列で表示する。履歴アニメーションでは、学生の操作とその結果を次ボタン、前ボタンによって順に参照することができる。また、コピー&ペースト操作があった場合は、ペーストされた文字列が表示される。教員は演習授業後にメールや演習画面にあるコメント欄などで学生から質問を受けることがある。しかし、メールやコメント欄のテキストのみからでは、何が原因でどんなエラーが出ているかを判断できない。どのような入力でのどのようなエラーになったかを確認するために、質問とともにソースコードを送付させて実行しなおさなければならない。本機能を用いることにより、学生がいつ何をしてどのような結果になったのかを時系列で確認できるので、ソースコードの入力や実行の手間をなくすことができる。

本システムを神奈川工科大学情報学部情報工学科の2つの授業「C言語基礎ユニット」と「ソフトウェア基礎論」で、2022年度後期15週間にわたり実際に使用した。ログ数は日によって異なるが、一日あたり数千件から十数万件のログが収集・蓄積された。授業へ適用した結果について、担当教員にアンケート調査を行った。具体的には、図7に示す項目についてリッカート法により回答者の同意の程度を測定したほか、自由記述により使用感などを収集した。

図7の前半6項目の回答から、演習状況一覧画面や演習結果画面が有用であり、教室全体の取組状況を確認できること、自ら手を上げない学生への声かけが増えることを確認した。また、演習状況一覧のページで操作の詳細情報を提示しているが、ソースコード文字数、キーストローク数、コピー&ペースト回数、実行回数、完成（テスト成功）までの時間の情報が特に有用であることを確認した。本研究で目的としている学生のコーディング状況を把握する機能が、十分に機能していると考えられる。

後半の5項目については、有効に活用できたとの意見があがった一方で、「どちらともいえない」「使っていない」との回答が多く、教員に提示する情報の絞り込みと提示方法の改善（ありがちなエラーの統計情報の提示、学生の進捗を座席表上に表示するなど）、使い勝手の改善、および、利用する教員への周知を要する。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ryo Tokimatsu, Naoya Kamita, Tetsuo Tanaka, Kazunori Matsumoto	4. 巻 採録決定
2. 論文標題 Development of a Programming Learning Support System with Functions for Switching Display Language and for Showing Students' Learning Status to Teachers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Learning Technologies and Learning Environments	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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Mari Ueda, Hideo Kasuga and Tetsuo Tanaka	4. 巻 44
2. 論文標題 Basic study on the effectiveness of reading aloud in learning programming languages	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology (AST)	6. 最初と最後の頁 33-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1250/ast.44.33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 安部 功亮, 田中 哲雄, 松本 一教	4. 巻 141
2. 論文標題 穴埋め式ワークブックの学習行動ログからの学生の授業態度抽出	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 1437~1443
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejeiss.141.1437	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 Kousuke Abe, Yuki Fukawa, Tetsuo Tanaka	4. 巻 3
2. 論文標題 Dealing with Stumbling in C Language Programming Using Visual Programming Environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Learning Technologies and Learning Environments	6. 最初と最後の頁 35,50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.52731/ijlitle.v3.i1.503	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Tetsuo Tanaka, Mari Ueda, Hideo Kasuga, Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Programming Exercise System to Ascertain Students' Coding Status
3. 学会等名 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsutoshi Satoh, Tetsuo Tanaka
2. 発表標題 Prototype of Programming Exercise Support System Able to Visualize Coding Status
3. 学会等名 11th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mari Ueda, Nobuyuki Ishida, Kodai Odagiri, Hideo Kasuga, Tetsuo Tanaka
2. 発表標題 A Proposal of Programming Learning System with Reading Aloud "ONDOKU"
3. 学会等名 11th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中哲雄, 上田麻理, 宮崎剛
2. 発表標題 プログラミング演習システムの開発と実授業での実践
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 ET2022-91
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上田麻理, 小田切空大, 春日秀雄, 田中哲雄
2. 発表標題 音読を用いたプログラミング学習支援システムの試作
3. 学会等名 電気学会情報システム研究会 IS-22-29
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田 麻理, 春日 秀雄, 小田桐 空大, 田中 哲雄
2. 発表標題 プログラミング学習における音読の有効性に関する検討-その2
3. 学会等名 日本音響学会2022年秋季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田 麻理, 小田桐 空大, 春日 秀雄, 田中 哲雄
2. 発表標題 プログラミング学習における音読の有効性に関する検討-その1
3. 学会等名 日本音響学会2022年春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田麻理, 石田伸幸, 小田桐空大, 春日秀雄, 田中哲雄
2. 発表標題 音読を用いたプログラミング学習システムの提案
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoya Kamita, Tetsuo Tanaka
2. 発表標題 Prototyping and Evaluation of Programming Learning Support System with Function for Switching Display Language
3. 学会等名 10th International Congress on Advanced Applied Informatics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤淳俊, 田中哲雄
2. 発表標題 コーディング状態を可視化するプログラミング演習支援システムの提案
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上田尚弥, 田中哲雄
2. 発表標題 表示言語を切り替え可能なプログラミング学習支援システムの提案
3. 学会等名 電気学会情報システム研究会 IS-21-013
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kousuke Abe, Tetsuo Tanaka, Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 Learning Attitude Analysis based on Operation Logs of Fill-in Workbook System
3. 学会等名 IIAI 9th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kousuke Abe, Tetsuo Tanaka, Kazunori Matsumoto
2. 発表標題 PROTOTYPING A RETROSPECTIVE REVIEW SUPPORT FUNCTION FOR A FILL-IN WORKBOOK SYSTEM
3. 学会等名 17th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯部大輝, 田中哲雄
2. 発表標題 穴埋め式ワークブックにおける学生の理解度把握機能の試作
3. 学会等名 電気学会情報システム研究会 IS-23-018
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Abe, K., Tanaka, T., Matsumoto, K.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 18
3. 書名 Development of Fill-in Workbook System to Visualize Learning Attitude. In: Ifenthaler, D., Isaías, P., Sampson, D.G. (eds) Orchestration of Learning Environments in the Digital World. Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	松本 一教  (Matsumoto Kazunori)  (40350673)	神奈川工科大学・情報学部・教授    (32714)	

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
---------	---------