

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11587

研究課題名(和文) 実践的ソフトウェア開発に寄与するプログラミングおよびコーディング学習に関する研究

研究課題名(英文) Study on learning of programming and coding that contributes to practical software development

研究代表者

納富 一宏 (NOTOMI, Kazuhiro)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：50228300

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は次の3点である：「プログラミング時のキーボード操作における時系列情報を活用したコーディングスタイル学習」を支援するシステムを開発すること、提案システムがプログラミングのコーディングにまつわる問題解決に寄与できること、企業が求めるIT人材養成の実践教育に役立つこと。本研究において、キーボードおよびマウスを用いたプログラミング操作を「コーディングシーケンス」として記録・再生・共有するシステムを開発した。また、記録データよりプログラミングのスキル判定を行える可能性が示唆された。今後、本システムは学習者の気づきや学びを深めることに役立つものと期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報分野においてIT人材養成が重要視されている。ソフトウェア開発は情報システム構築の根幹を成す技術であり、企業が求める人材養成の実践教育に役立つ研究開発は情報系学部・学科にとって大きな意義がある。本研究課題はこれらに着目し、プログラミング演習に直接的に活用できる教育システムの開発と、プログラミングスキルの自動判定による、学習者への有益なフィードバックを実現する技術へとつなげることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is the following three points: (1) to develop a system that supports "coding style learning using time-series information in keyboard operation during programming", (2) to solve problems related to programming coding with the proposed system. (3) To be useful for the practical training of IT human resources required by companies. In this research, we have developed a system that records, replays, and shares programming operations using a keyboard and mouse as a "coding sequence." In addition, the possibility of judging programming skills from recorded data was suggested. In the future, this system can be expected to be useful for deepening learners' awareness and learning.

研究分野：情報工学

キーワード：プログラミング教育 ソフトウェア開発 コーディング スキル判定

1. 研究開始当初の背景

(1) 情報化が進んでいる現在、ユビキタスネット社会の実現に向けて、総務省、文部科学省では教育分野における情報化推進のため、様々な取り組みが実施されていた。教育機関では実践的に ICT 利活用がなされ、学内におけるインフラ整備や機器導入、システム導入が行われており、多くの活用事例が報告されていた。情報系学部・学科を擁する大学においては、プログラミング技術の修得を目的とする授業が実施されていることもあり、Web ブラウザ上で動作するプログラミング学習環境の構築や学習状況をリアルタイムにフィードバックするシステムなど、新たな試みが検討・実施されていた。

(2) 神奈川工科大学の情報学部においても、プログラミングの授業を実施しており、座学と演習の時間を分けることでプログラムの知識と技術の両方を学べるようにしていた。しかし、演習時間において学生の指導を行っているとき、コーディングに関する技術が不十分であるためか、「インデント(indent: 制御構造におけるブロックを強調するための字下げによるプログラム表記方法)が適切に付与できていないことによるプログラムの可読性低下」、「条件分岐などの終わりを示すコードの記述忘れによるエラー」といったケアレスミスをする学生が多数観察される。コーディング技術は授業内で知識として教えるだけでなく、学習者自身が普段から意識してプログラミングを行わなければ身に付けることは困難であった。コーディング技術の学習には、学習者がプログラムに対して他人のレビューを受けたり、ライブコーディングのように他人のコーディングを見て学ぶことが重要であると考えた。

2. 研究の目的

(1) 情報系を擁する大学の専門教育課程では、産業界からの要請を受けて高度 IT 人材育成に向けた取り組みが注目されている。特に、企業が期待する SE やプログラマーが有すべき知識や技術は、より先進的であることが望まれると同時に、従来からの実践的なスキルも重要視されている。ソフトウェア開発技術の習得では、従来、演習中心の基礎的なプログラミング教育や産学連携などによる PBL 教育との融合が一般的であった。そこで、新しい教育支援方式として、コーディングスタイルの理解と実践を兼ねたオンライン方式でのコードレビュー (code review) やライブコーディング (live coding) への応用を可能とする「プログラミング時のキーボード操作における時系列情報を活用したコーディングスタイル学習」を実現する方法論の開発および有効性検証を研究目的とする。

(2) 本研究では、学習者が手軽に利用でき、コーディング過程を動画教材のように学ぶことのできる教育コンテンツを生み出すことのできる総合的なプログラミング教育支援システムの実現を目指す。また、これまでに行ってきた研究結果に基づき、提案システムのプロトタイプを進め、実際のプログラミング教育場面への導入と適用を行っていく。さらに、利用者である教員および学生双方からの意見収集とアンケートによる分析を行ってシステム改善に役立たせる。

3. 研究の方法

(1) コーディングスタイル学習に必要な授業進行モデルの構築とプロトタイプの実装・稼働として、ソフトウェア工学におけるラピッド・プロトタイプ手法に基づき、早い段階でのプロトタイプの実働を目指す。プロトタイプを用いて授業進行モデルを検討し、モデルの精緻化を進めることで実システムの構築を確実なものとする。プロトタイプの調整と授業進行モデルの調整を随時行いながら、正式システム的设计・実装を進める。ここまですてップ1とする。なお、授業進行モデルとは、プログラミングおよびコーディングスタイル学習を実現する上で必要な論理モデルである。このモデルには、教員、学生、教材、授業内容(項目)、反応という構成要素が含まれる。各要素の相互作用により記録すべき情報の形態、構造、量などを推し量ることが目的である。

(2) コーディングスタイル学習システムの完成と複数科目による動作検証実験の実施と評価として、第1ステップの最終段階で得られたシステムをプログラミングおよびコーディングスタイル学習システムと位置付け、このシステムによる動作検証実験を実施し、システムの有効性を評価する。動作検証は C および Java 言語のプログラミング演習を対象とし、動作検証実験を実施する。これらの実験結果を分析して、システムの有効性を評価する。評価結果に基づき、システムの改修を行う。ここまですてップ2とする。

(3) コーディングスタイル学習情報による学生への有効なフィードバックへの応用として、プログラミングおよびコーディングスタイル学習システムにより記録された情報の有効な活用方法を見出すことを目的として、教育・学習ポートフォリオへの応用を考慮すると共に、学生へのフィードバックの方法論を確立する。教員の授業の進め方は、教育ポートフォリオとしての付加価値を有する。また、学生の反応や行動は学習ポートフォリオとしての付加価値を有する。よって、これら双方への応用が可能だと考えられる。学生の反応に応じた情報提示のタイミングの工夫

や追加課題の与え方など、授業進行モデルから得られる知見は学生への有効なフィードバックを考える上で重要となる。よって、本研究の最終段階として応用面にスポットを当てて検討を進め、最終的なシステム開発および拡充を完成させる。ここまでをステップ3とする。

4. 研究成果

(1) コーディング時のソースプログラム編集操作情報の記録・再生を行うシステムを開発し、熟練者のコーディングを観察することで、そのノウハウを簡単に学べるシステムの改善を継続的に進めた。プロトタイプシステムの構成を図1に、安定化を施した改良版のシステム構成を図2にスキル分析機能を追加したシステム構成を図3にそれぞれ示す。

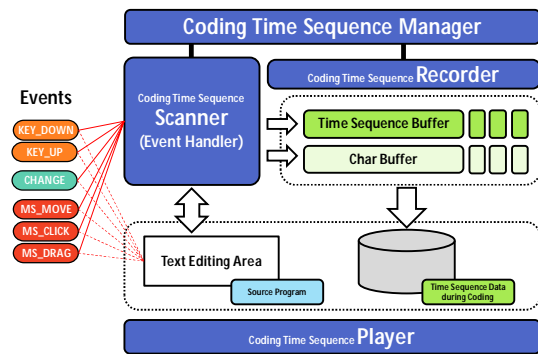


図1 システム構成 (ver.1)

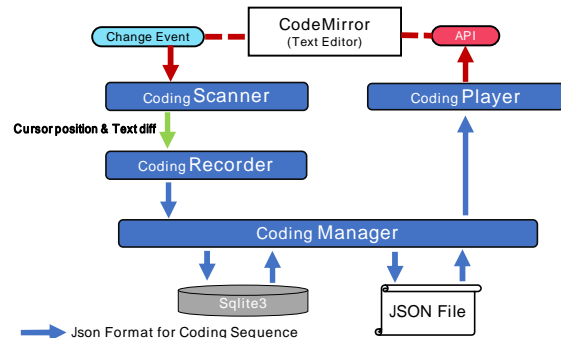


図2 システム構成 (ver.2)

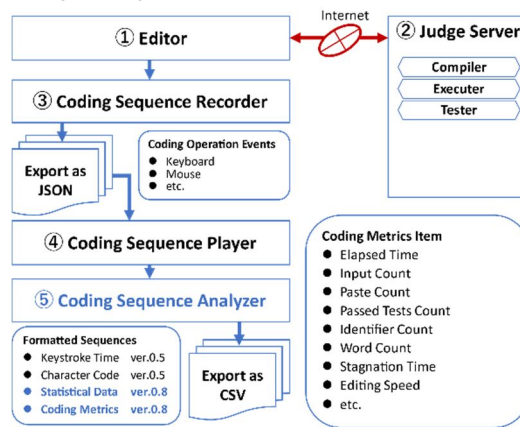


図3 システム構成 (ver.3)

(2) コーディングシーケンスの共有を行うことでプログラミング熟練者や上級者のコーディングのコツを学習者間で共有し、コーディングの参考にする。開発システムにおける再生画面および検索画面の動作礼をそれぞれ図4、図5に示す。いずれも一般的なWebブラウザ上で動作し、インターネット接続環境にて利用することができる。図4はコーディングの記録・再生を行う様子を示している。図5は共有されたコーディングシーケンスを一覧するイメージを示している。実際には、授業履修している学生IDやユーザ名にて表示される。Java 演習授業内で本システムを利用した記録とコーディング共有を行い、他者のコーディングの様子を観察することで学びを深めることができたかの動作検証および評価実験を実施した。システムが安定的に動作することおよび本研究で提案するコーディング共有手法の有効性が確認された。

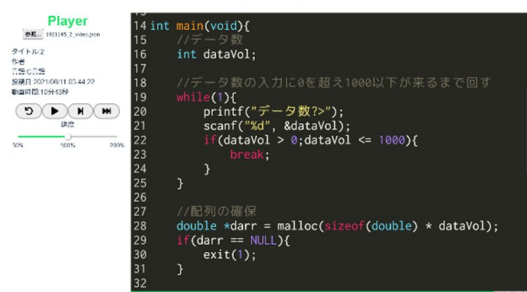


図4 動作画面例1 (記録・再生)



図5 動作画面例2 (コーディング共有)

(3) C言語を用いたコーディング実験により、コーディングシーケンスの分析を行うことでプログラミングスキルの判定に活用できる可能性を示した。すなわち、プログラミングスキルとコー

ディングの停滞時間には弱い負の相関（寄与率 0.29~0.50）が観測された。また，最大編集速度と平均文字数の間には難易度に応じて，弱い相関（寄与率 0.24）が観測された。

(4) コーディングシーケンスは JSON 形式によるテキストファイルとして記録され，プログラミング時のすべての編集操作を再現することが可能である。このことは，プログラミング時の任意の時点でのソースコードの状態を取得できること，任意の時点で取得したソースのコンパイル結果や実行結果を確認できること，コーディングのダイナミックなスキル分析を行えること，などへの幅広く応用できることが確認された。これらのことからデータの圧縮や暗号化により，共有のポータビリティや安全性に優れていることが大きな利点であると言える。今後，本研究により得られた手法をさらに研究発展させることで，プログラミング教育やソフトウェア開発に資する展開が期待できる。

< 引用文献 >

- [1] 爲近瑛太, 納富一宏:"実践的プログラミング学習を目的としたコーディングシーケンス共有システムの開発", 情報処理学会 第 20 回情報科学技術フォーラム(FIT2021)講演論文集 第 4 分冊, N-002, pp.247-248, (2021.08).
- [2] 爲近瑛太, 段王れい子, 納富一宏:"プログラミング演習におけるコーディングシーケンス共有システムの評価", 情報処理学会 第 84 回全国大会講演論文集 第 4 分冊 5ZH-05, pp.627-628, (2022.03).
- [3] 岡田竜岳, 納富一宏:"プログラミングスキル自動判定手法の提案", バイオメディカル・ファジィ・システム学会 第 35 回年次大会講演論文集, F-1, (4 pages), (2022.12).
- [4] 岡田竜岳, 納富一宏:"プログラム編集操作情報を用いたプログラミングスキル分析支援システムの開発", 情報処理学会 第 85 回全国大会講演論文集 第 4 分冊 2ZJ-07, pp.693-694, (2023.03).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 為近瑛太, 納富一宏
2. 発表標題 実践的プログラミング学習を目的としたコーディングシーケンス共有システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会 第20回情報科学技術フォーラム(FIT2021)講演論文集 第4分冊, N-002, pp.247-248
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 為近瑛太, 納富一宏
2. 発表標題 コーディングシーケンス分析によるプログラミングスキル判定
3. 学会等名 バイオメディカル・ファジィ・システム学会 第34回年次大会講演論文集, 2-4, (4 pages)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 為近瑛太, 段王れい子, 納富一宏
2. 発表標題 プログラミング演習におけるコーディングシーケンス共有システムの評価
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会講演論文集 第4分冊 5ZH-05, pp.627-628
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 滝本将司, 納富一宏
2. 発表標題 実践的プログラミング学習支援システムの開発：プログラミングスキルの違いによる時系列情報を用いたコーディングシーケンス分析
3. 学会等名 情報処理学会 第18回情報科学技術フォーラム(FIT2019)講演論文集 第3分冊, K-004, pp.311-312, (2019.09).
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝本将司, 納富一宏
2. 発表標題 実践的コーディングスタイル学習支援システムの開発 -教材提示と学生の反応-
3. 学会等名 情報処理学会 第82回全国大会講演論文集 第4分冊, 7ZD-03, pp.415-416, (2020.03).
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 滝本将司, 納富一宏
2. 発表標題 実践的プログラミング学習支援システムにおけるコーディングシーケンスデータの活用
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, 教育工学研究会 (ET), IEICE-ET2018-68 (2018-12), pp.15-20, (2018.12).
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 滝本将司, 納富一宏
2. 発表標題 コーディングスタイルに着目した実践的プログラミング学習支援システムの開発: インタフェース実装について
3. 学会等名 情報処理学会 第17回情報科学技術フォーラム(FIT2018)講演論文集, 第3分冊, K-010, pp.333-334, (2018.09).
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 滝本将司, 納富一宏
2. 発表標題 コーディングスタイルを考慮した成長度分析によるプログラミング学習支援システムの開発
3. 学会等名 電気学会 平成30年 電子・情報・システム部門大会 GS6-6, pp.1270-1273, (2018.09).
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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