

博士論文審査報告書

論文題目

Study on the Learning Effects Based on
Characteristics in Programming Learning
Environments for Novice Learners
初学者向けプログラミング学習環境の特性に
基づく学習効果に関する研究

申請者

Daisuke	SAITO
齋藤	大輔

情報理工・情報通信専攻 高信頼ソフトウェア工学研究

2018年2月

初学者がプログラミングの学習をする際，初学者向けの学習環境を使用することが多い．この学習環境は非常に多く開発され，70種類以上にもおよぶ．多種多様なこれらの学習環境には，プログラミングの体系やプログラムの入力方法など，様々な特性がある．しかし，これらの学習環境の特性の学習効果への影響を調査した研究は乏しく，明らかとなっていない．この課題を明らかとすることで，初学者や教育関係者がプログラミングの学習環境を選択することの手助けとなる指標を得る．

本論文は，上記課題を解決するため，学習環境の特性を定性的に評価する分類表（タクソノミー）を提案している．加えて，提案したタクソノミーを用いて複数の学習環境を定性的に分類した．

また，本論文は初学者の中でも主に小学生を対象として，定性的に分類した学習環境の特性を基に，種類の異なるプログラミングの学習環境を取り上げ，ワークショップ形式を用いて定量的に学習効果を調査している．調査の方法として，同一環境を用いた際の特性の違いによる学習効果の違いを検証している．次に，複数の異なる環境における特性と学習効果の関連性を検証している．

結果，同一の環境であっても少数の特性の違いにより学習効果に違いが見られたことを示している．さらに，学習環境のいくつかの特性と学習効果の繋がりを分析し，関連性を示している．

本論文は，全5章で構成されている．各章の概略を以下に述べる．

1章では，プログラミングの学習に関する背景が示され，特に学習するための環境を示している．また，プログラミングの学習環境の特性が導く学習効果が不明であるという課題を示している．さらに本章では，この課題を解決する方法の概要，研究目標および研究方法を示している．

2章では，初学者向けのプログラミング学習環境を複数の特性で定性的に評価するため，Kelleherらによって提案されたタクソノミーをもとに，ゲーム要素等の特性を加え拡張している．得られたタクソノミーは11の大項目，56の小項目から構成されている．また，提案したタクソノミーの有用性を示すために，従来はビジュアルプログラミング言語・環境，ゲームソフトウェア，その他と曖昧に分類されてきた43の環境を取り上げて，様々な特性に基づき明確に分類できることを確認している．さらに，ビジュアルプログラミング言語・環境，ゲームソフトウェア，その他といった従来の曖昧な分類において，それぞれに共通の特性や組み合わせがあり，明確な定義づけが可能であることを示している．

3章では，2章の結果を基に，学習環境における特性として，プログラミング言語の表現（文字と絵）とプログラミングの入力方法（タイピング入力とドラッグアンドドロップ）に着目している．本章ではプログラミング言語Luaを用いる同一の学習環境において，文字表現とタイピング入力の組み合

わせと、絵表現とドラッグアンドドロップの組み合わせの違いにおける学習への影響を比較している。比較の方法として、小中学生を対象とした学習ワークショップ、プログラミングの概念の理解を問う課題、および、面白さ、難易度、利便性、興味、意欲といった態度のアンケートを用いている。結果として、以下を確認している。(1) 文字表現よりも絵表現においてプログラミングへの興味の向上が見られた。(2) 絵表現よりも文字表現においてプログラミングの難易度は低いと感じる傾向にあった。(3) 表現の違いはプログラミングの概念の捉え方に影響を与えている可能性がある。(4) 入力方法の違いはプログラミングの概念の理解に影響を与えている。以上より、プログラミング言語の表現や入力方法が学習効果に影響していることを示している。

4章では、3章における調査を環境や特性について拡大するため、Scratch、Viscuit、CodeMonkey、Lightbot、Robot Turtles、OSMO Coding と呼ばれる6つの学習環境を取り上げている。これらの学習環境を2章で提案したタクソミーを使用して分類し、各環境の特性を明らかとしている。さらに、ワークショップを用いて各学習環境の学習への影響を調査している。調査には、3章で使用されたプログラミングに対する態度のアンケートの一部、および、プログラミングの理解度を測定するテストを使用している。本章では、特性としてプログラミングの概念(逐次実行、条件分岐、繰り返し)、プログラミング言語の表現方法(文字、絵、物理的なオブジェクト)、プログラムの入力方法(タイピング入力、ドラッグアンドドロップ、物理的オブジェクトを使用した入力)、ゲーム要素(ルール、目標、報酬)を中心に、次の結果を示している。(1) 環境におけるプログラミングの概念の扱いの違いにより、各概念の捉え方が異なる。(2) プログラミング言語の表現はプログラミングに対する態度に影響を与え、表現の違いにより態度の違いが見られる。(3) プログラムの入力方法はプログラミングに対する態度に影響を与える。(4) ゲーム要素は、プログラミングに対する態度の特に面白さや興味に影響を与える。以上より、学習環境の特性と学習効果の関係を示している。

5章では、第2章から4章までの結果をまとめ、結果の将来的な活用方法、および、調査研究の今後の展望を示している。特に今後の展望の一つとして、調査結果に基づいて高い学習効果が期待される形で特性を取り入れた学習環境を新たに提案し、開発に着手したことを示している。このことから、本論文は初学者のみならず、学習環境の開発者にとっても役立てられる可能性のある情報を示しているといえる。

以上を要するに本論文では、プログラミングの初学者、特に小学生を対象とした学習において、学習環境を用いた際の学習効果が不明であるという課題を指摘して、それを解決するために、定性的に学習環境を分類し、学習環境の特性をまとめた。また、複数の学習環境を用いてワークショップを実施し、定量的なデータを取得した。さらに、学習環境の特性と学習効果の関連

を分析し、その結果を示した。これらの結果は、学習環境の特性が、学習効果に影響していることを示しており、初学者や教育関係者におけるプログラミング学習のための学習環境の選択および今後の発展に役立つことを示している。これは、初学者におけるプログラミングの効果的な学習や、教育関係者におけるプログラミングの教育に寄与する。よって、本論文は、博士（工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

2018年2月

（審査員）

主査 早稲田大学教授 博士（情報科学）早稲田大学 鷺崎 弘宣

早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 深澤 良彰

早稲田大学教授 工学博士 慶應義塾大学 中島 達夫

東海大学講師 博士（工学） 大阪大学 山浦 恒央