

研究報告書

「あらゆる人々が情報技術にアクセスすることを目的としたビジュアルプログラミング言語の開発」

研究期間：平成 29 年 10 月～平成 31 年 3 月
研究者番号：50143
研究者：鈴木 遼

1. 研究のねらい

本研究では、年齢、母国語、身体能力にかかわらず、あらゆる人々が情報技術を日常生活で主体的に活用することを支援する、新しいビジュアルプログラミング言語「Enrect(エンレクト)」を開発した。コードの見通しをよくするデザインの工夫、タッチ操作に最適なインターフェース、豊富な機能セットの組み合わせにより、従来よりも少ない時間と学習コストで、実用性の高いアプリケーションの開発を達成することを目的としている。

一般に、教育用途に使われるビジュアルプログラミング言語は、学習しやすい代わりに実行できる処理や性能に制約があり、実務に使われるテキストプログラミング言語は、機能と実行時性能に優れる代わりに習得が難しい。本研究では、ビジュアルプログラミング言語に新しいインターフェースを導入し、さらにテキストプログラミングの強みを活用するためのコード変換処理を実装することで、これらのギャップを埋める新しいプログラミング言語を開発した。本研究により、コンピュータによって実現される様々な情報技術にアクセスする際の敷居を低くすることが期待される。

Enrect のインターフェースの特徴は「ブロック」「ノード」「拡大縮小」の3つの要素の組み合わせにある。これらはユーザがプログラミングの文法を学ぶことを容易にし、データフローの制御・可視化を支援し、詳細度の切り替えを可能にすることでプログラムの見通しを良くする。また、マウスや指一本のタッチだけでの効率的な操作を実現するだけでなく、視線入力のような限られた自由度の入力デバイスを用いる操作とも相性の良いインターフェースとなる。ユーザが記述したプログラムはバックグラウンドで C++コードの呼び出しに変換される。様々な入出力デバイス、画像・音声処理、機械学習等のフレームワークとの関係を、既存の豊富なライブラリ資源を比較的容易に活用できる。

2. 研究成果

(1) 概要

ビジュアルプログラミング言語のユーザビリティを改善するインターフェースや技術を調査・検討し、それらを実装した新しいツール Enrect を開発・公開 (<https://enrect.org>) した。Enrect のコンセプトは「身体能力によらない」「母国語によらない」「コンピュータの経験によらない」である。

身体能力によらない

身体のハンディキャップを有していてもプログラミングを楽しむことができるバリアフリーなインターフェースを開発。すべてのプログラミング操作は一本の指または視線入力で行うでき

る。デバイスから音を鳴らす代わりに視覚的に表示するオプションを提供する。登場するブロックはカラーユニバーサルデザインで実装されている。

母国語によらない

精度の高いローカライズと、使用言語に依存しない意思疎通を実現するためのデザインを提案。使用言語に応じて自然な語順が成立するように、ブロック内の引数の順番を変更可能に。また、変数に命名をしなくても簡単なプログラムが書けるようなノードのインターフェースを導入。ツールが提供する変数名を選択することで、使用言語に応じて適切な訳語で表記される仕組みを実装した。

コンピュータの経験によらない

プログラム内にアイコンや画像を直接表示できるようにし、読みやすさを改善すると同時に、コンピュータ初心者には難しい用語を排除できる仕組みを実装した。また、自然言語でプログラムの記述に使うブロックを検索し、同時にパラメータを提案するという、ブロックベースのビジュアルプログラミング言語の生産性を改善する新しいインターフェースを提案した。

(2) 詳細

研究テーマ A「インターフェースのデザイン」

ブロックベースのビジュアルプログラミング言語とノードベースの言語のハイブリッドとなる設計を実装した。処理を記述したブロックを並べ、値ブロックのノードをリンク曲線でパラメータのボックスに接続することでプログラムを表現する[2]。タッチ操作を前提にデザインし、複数の指を使う操作や、キーボード入力は不要である。



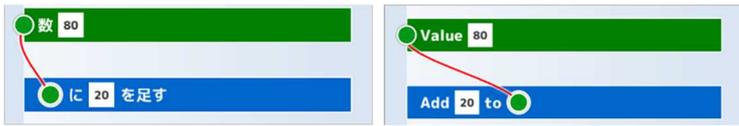
研究テーマ B「アクセシビリティの改善」

音が聞こえない、音を再生できないユーザを想定して、音の再生の有無や音楽と効果音の印象を視覚的に表現[1]。また、重要な UI の配色にはカラーユニバーサルデザインを採用。



ブロックベースのビジュアルプログラミング言語をローカライズする際、ブロックのテキスト

に含まれる引数の順序を並び替えることで、翻訳後のテキストをより自然な表現にできる場合がある。本研究では英語版での順番を基準としてブロックの引数に番号を割り振っておくことで、翻訳者が容易に語順を入れ替えて翻訳結果を記述できる形式でブロックを定義した [1]。また、ツールが提供する変数名を選択することで、使用言語に応じて適切な訳語で表記され、異なる言語間でプログラムを介した意思疎通がしやすくなる仕組みを実装した。



視線入力装置を使い、目の動きだけでブロックの操作、パラメータの入力、コードの実行を可能に。ブロックの配置のような「粗い操作」と、テキスト・数値入力のような「細かい操作」に分類し、後者は視線を停留させずに高速に入力できるインターフェースを開発した。



アイコンと画像をブロックのテキストに取り入れた。単に判別しやすくなるだけでなく、翻訳のコストや、キーボード名など、コンピュータ経験の浅い人にとって難しい用語の利用を抑えることができる。



研究テーマ C「機能の向上」

記述したビジュアルプログラムは内部で C++ および AngelScript コードに変換される。リンクまたはバインドされるライブラリの API を呼び出し、それに相当するブロックのインターフェースをテキストデータで記述することで、比較的容易に機能を追加できる。本研究期間内には、ゲームコントローラからの入力やカメラの映像の取得、画像処理、音声処理などを、機能拡張の例として実装した。

機能の追加に伴い増えていくブロックを、ユーザが素早く見つけ出せるよう、自然言語によるブロック検索機能を実験的に実装。入力した文章からパラメータの候補も同時に提案する。



研究テーマD「デバッグのためのインタフェースの実装」および
研究テーマE「ユーザの自習のためのチュートリアル実装」

達成が不十分であった。ビジュアルデバッガやチュートリアル機能はソフトウェアの最上位のレイヤーにあたり、実装にあたっては、下位の仕様の安定化が必要だが、まだその段階に達していない。

研究テーマF「指導者用のガイドラインの執筆」

成果物を活用する数回のワークショップをとおして、3時間の講座をマニュアル化した。現状ではソフトウェアの安定性の問題と、PCのセッティングなどの必要から研究者が監督しているが、数カ月以内には研究者が監督しない授業を実施できる態勢にする。

3. 今後の展開

プログラミングツールはプログラミング教育の現場を支えるインフラであり、「誰もが公平に扱えるように」というアクセシビリティ面での要求は今後ますます大きくなっていくだろう。

文科省の調査では、プログラミング教育の施策が進んでいない地域の過半数について、プログラミング教育を担当できる人材の不足が理由として挙がっている。単一の施策で根本的な解決を図ることは難しいが、適切に設計されたプログラミングツールの開発は、複数の問題を同時に解消し、指導者の負担削減と学習者の体験向上をもたらす特効薬になりうる。

現在、国内の子ども向けプログラミング教育分野においては、多種多様なプログラミングツールが登場している。しかし、自由度が大きく、習熟すればそれなりに複雑なアプリケーションを作成できるプログラミング言語であるほど、前提知識のない教師が、児童グループに対して事前の準備なく指導したり、学習者からの質問に答えたりすることは困難である。プログラミングを教えられる人材の不足や、地方でのプログラミング教育の機会の少なさは、実際はこうしたツールの性質に由来するところが大きいように感じられる。

こうした理由から、中長期的には、プログラミングツールの分野においては、ユニバーサルデザインと、自学の仕組みの導入が重要なテーマとなっていくと考えられる。

本研究の成果物は、身体のハンディキャップを有していてもプログラミングを楽しむことができるバリアフリーな開発ツールである。今後ニーズが高まる学校、特別支援学級等、アクセシビリティ要件水準が高い現場での活用の拡大を目指し、普及活動を進めていく。

成果物を活用した有償のプログラミング講座が開催され、参加者からの評価も高く、今後も継続して実施する予定である。現状はすべてのケースで研究者が監督しているが、よりスケールさせるために、ソフトウェアの品質改善とマニュアルの提供、ユーザ自ら学習できるリソースやチュートリアル機能を実装する。また、容易にローカライズできるインタフェースの特長を活用し、多言語対応・国際展開を進める。

4. 自己評価

研究目的の達成状況

研究提案時点でプロトタイプが動作していたこともあり、コアとなるインタフェースと機能につい

ではおおむね計画通り実装が進行した。開発途上の成果物を活用したワークショップも国内外で十数回開催され、フィードバックがその後の研究開発に生かされた。2018 年度の中盤以降は、当初の計画に含まれていなかった自然言語処理を活用した機能の実験を始めたが、まだ具体的な成果としては公開した成果物には含まれておらず、さらなる開発が必要である。教育現場での活用事例をベースにした評価のためには、ソフトウェアの安定性の改善と、ある程度の仕様の固定化が必要で、これにはさらに1~2年のスパンで取り組んでいく必要がある。

研究実施体制

基本的に個人開発であった。ワークショップの開催や体験者の募集等においては、株式会社早稲田大学アカデミックソリューションや、一般社団法人 CoderDojo の各地域コミュニティなど、プログラミング教室を運営する第三者団体と共同で実施した。これらの取り組みについては双方にとってメリットがあったと評価している。

研究費執行状況

研究期間の前半に研究者が国外に留学していたため、本格的な予算の執行はおもに2018年度からであった。タブレット PC の購入と研究発表のための旅費が支出の大半を占める。当初予定していた人件費などを使用しなかったため、増額措置分を含めて計算すると約15%の残額が生じたが、未執行の予算によって研究目的の達成が遅滞するなどの影響はなかったと考えている。

研究成果の科学技術及び学術・産業・社会・文化への波及効果

成果物を活用した有償のプログラミング講座が開催され、参加者や教育関係者の評価もポジティブであった。研究成果を活用する事例を拡大しながら、引き続きバージョンアップをしていく。

研究課題の独創性・挑戦性

ユニバーサルデザインの観点で設計され、なおかつテキストプログラミング言語に近い機能セットを持つビジュアルプログラミング言語の事例は初めてである。また、ブロックベースとノードを組み合わせた基本インターフェースも新しい挑戦である。今後のビジュアルプログラミング言語の設計の進化に影響を与えられるよう、さらなるユーザビリティの改善と普及に取り組んでいく。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. 鈴木遼, 長幾朗. みんなのためのビジュアルプログラミング言語「Enrect」の設計. 第80回全国大会講演論文集, 2018, 2018.1: 493-494.
2. Ryo Suzuki, Takuto Takahashi, Kenta Masuda, Ikuro Choh. Implementing Node-Link Interface into a Block-Based Visual Programming Language. 20th International Conference, HCI International 2018, Las Vegas, NV, USA, July 15 -20, 2018, Proceedings, Part II. 455-465.

(2) 特許出願

なし

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

アイ・オー・データ財団 第2回 研究開発助成 採択