

学籍番号 氏名	V20004 天野 雄太	指導教員	藤枝 直輝
題目	初学者向けデジタル回路学習システムのプロトタイプ開発		

## 1 はじめに

STEM 教育（科学，技術，工学，数学）の進展に伴い，プログラミングやデジタルエレクトロニクスの理解がますます重要となっている。しかし，専門的な分野への初歩的なアクセスは複雑であり，初学者にとって敷居が高い。特にデジタル回路の学習では，環境構築や直感的でない操作が初学者のハードルとなる。

本研究の主な目的は，初学者向けの論理回路設計ツールを提供し，初学者がデジタル回路に入門するプロセスをスムーズかつ効果的なものにするることである。その最初の段階として，Web アプリケーションとして動作する回路図エディタを開発する。初学者が直感的に操作でき，環境構築のハードルを軽減することを目的とする。最終的な目標は，初学者が理論だけでなく実践的なスキルも習得できるような包括的で効果的な教育手段を提供することである。

## 2 提案ツール

デジタル回路学習ツールの先行研究として，木村らによる Unity を用いたツール [1] や，CircuitVerse [2] などが挙げられる。前者には，複雑な回路の設計時に，描画負荷やセーブ・ロード時間が増大する問題がある。後者には，Ctrl+Z キーによる操作の取り消しが不安定であるという問題がある。

提案するエディタは現在開発中であるが，ゲート間の自動配線，操作の取り消し機能，回路の VHDL へのエクスポートなど，いくつかの機能が実現できている。ゲート・ワイヤーなどの内部情報は，1 つのオブジェクトにより集約して管理することで，管理を容易化し，回路のセーブ・ロードの高速化を図る。

また，VHDL とテストベンチの自動生成や自動配線などの機能を充実させることで，操作性の向上や学習の手助けをする。

## 3 評価

提案ツールの評価では，Chrome DevTools を使用して提案するエディタのレンダリングパフォーマンスとレスポンスタイム，ヒープメモリの使用量の調査を行った。

レンダリングパフォーマンスでは基本的なウィンドウ上での操作やゲートなどのエレメントを保持した状態でフレームレートを測定した。その結果，フレームレートはなめらかな動作の目安である 60 fps を維持した。

レスポンスタイムでは，ゲート設置や VHDL 生成など，JavaScript を実行後に描画，出力を伴う操作の遅延時間を測定した。ゲートやワイヤーの設置では，すでに設置されているゲートやワイヤーの個数に応じて 8.7~66.7 ms の遅延が発生した。また，操作の取り消し・やり直し処理は，100 本以上のワイヤー，50 個以上のゲートがあるとき 1.61 秒を要した。

ヒープメモリの使用量では 3 分で全加算回路の作成を行い，そのヒープメモリを監視した。その結果，定期的にヒープメモリは開放されており，メモリリークは発生していないと考える。

## 4 結論

本研究では，初学者向けのデジタル回路学習ツールの提案の第 1 段階として回路図エディタを開発した。

評価において，操作の取り消し・やり直し処理に 1 秒以上要するケースがあった。これはアンドゥスタックに取っていったログの情報が多すぎたためと考える。問題点を改善し，軽快な動作を目指すことが，今後の課題の 1 つである。

## 参考文献

- [1] 木村元, 藤枝直輝, ビジュアルプログラミングツールの特徴を取り入れたデジタル回路学習ツール, 情報処理学会研究報告 2022-CE-165, No. 7, 2022.
- [2] CircuitVerse <https://circuitverse.org/> (accessed 2024-01-13).