

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

1. 申請者氏名	石橋 直
2. 審査委員	主 査：(兵庫教育大学・教授) 森山 潤 副主査：(上越教育大学・教授) 山崎貞登 委 員：(兵庫教育大学・教授) 小山英樹 委 員：(兵庫教育大学・教授) 森廣浩一郎 委 員：(鳴門教育大学・准教授) 阪東哲也
3. 論文題目	技術科における生徒の電気回路設計能力の分析に基づく学習指導法の開発
4. 審査結果の要旨	教科教育実践学専攻生活・健康系教育連合講座 石橋 直 から申請のあった学位論文について、兵庫教育大学学位規則第16条に基づき、下記のとおり審査を行った。 論文審査日時：令和7年2月1日（土） 10時00分～10時40分 場 所：オンライン 1. 学位論文の構成と概要 (1) 論文の構成 第1章 緒論 第2章 設計学に基づく電気回路の設計過程モデルの構築 第3章 機能概念から属性概念への写像過程における諸能力の検討 第4章 属性概念から実態概念への写像過程における諸能力の検討 第5章 電気回路設計を試行錯誤できる実物教材の開発 第6章 電気回路設計における生徒の思考過程の分析 第7章 電気回路設計能力の育成を図る学習指導法の開発と試行的実践 第8章 結論及び今後の課題 (2) 論文の概要 本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(技術科)において、生徒の電気回路設計能力の分析に基づいた学習指導法を開発し、授業実践によってその効果を実証することである。 第1章ではまず、諸外国におけるSTEM/STEAM教育の潮流に目を向けつつ、我が国の学校教育における電気回路設計学習の教育的意義について論じ、関連する先行研究を整理した。その結果、効果的な電気回路設計学習の実現のために解決すべき問題として、①電気回路の設計過程を説明しうるモデルが定かではないこと、②電気回路に関する科学概念の理解と電気回路設計能力との関連性が定かではないこと、③電気回路設計時の動的な思考過程における認知構造が定かではないこと、そのために④電気回路設計能力を高めうる学習指導方法が十分には構築されていないことの4点を見いだした(以降、問題1～4)。 問題1に対処するために、第2章では、設計学の考え方に基づいて電気回路の設計過程モデルの構築を試みた。その結果、電気回路設計を要求概念、機能概念、属性概念、実体概念の概念間の写像として構造化し、写像過程におけるアナリシス(分析)とシンセシス(総合)の往還に伴う行為と知識の関連性を整理した。 問題2に対処するために第3章では、機能概念から属性概念への写像過程に着目し、電気回路

の概念理解と設計能力との関連性について調査した。その結果、生徒は、概念理解に関して、短絡、電流、電圧、電力に困難さを示し、さらに誤概念を保持する傾向が示された。また、設計能力に関して、接続に関する概念が基盤的に働くことが示唆された。第4章では、属性概念から実体概念への写像過程に着目し、回路図の同型性判別と実体配線図作成の能力の関連性について調査した。その結果、部品の位置や向きが変わると回路の理解度が低下する傾向があり、複雑な配置の回路の配線図作成には、正しさの判別に加え、誤りの判別の重要性が示唆された。

問題3に対処するために、電気回路設計の思考過程を把握するための実験教材を第5章で開発し、第6章において実験を実施した。第5章で開発した実験教材は、短絡防止機能を備えた電源装置を有し、磁石を用いて電気回路を試行錯誤的に構成できるものとした。第6章では、この実験教材を用いて、電気回路設計課題を用いたプロトコル分析を行った。分析フレームワークには、OODA(Observe-Orient-Decide-Act)ループを用いた。課題の到達度の上・下位群間で思考過程の特徴を検討した結果、上位群には、Orient(情勢判断)→Act(行動)に遷移する特徴が見られ、電気知識や経験を活用した仮説を形成し、試行と評価を一体的に進める様子が確認された。一方、下位群では、Observe(観察)→Orient(情勢判断)→Decide(意思決定)→Observe(観察)の循環が見られ、実行結果に対する適切なフィードバックなしに意思決定と局所的評価を場当たり的に繰り返す傾向が示された。このことから、上位群は、電気回路設計に関する適切なスキーマを働かせて、アブダクションを行っていたのではないかと考えられた。

第2～6章で得られた知見に基づいて第7章では、問題4に対処し、電気回路設計能力を高める学習指導方法を検討した。その際、第6章で得られた知見より、電気回路設計に関するスキーマとして、許可・禁止・対策・評価の各スキーマからなる単一経路設計スキーマを起点に、複数経路拡張スキーマ、さらに回路設計スキーマへと発展していく設計知識の操作モデルを構築した。この操作モデルに基づいてスキーマの活性化を特徴とする学習指導法を考案し、試行的実践を行った。教材には、第5章で開発した実験教材に加え、輪モデル教材、スキーマフラッシュカード教材を準備した。実践の結果、考案した学習指導方法と教材によって生徒のスキーマが適切に活性化され、設計課題の正答率が向上する効果が認められた。課題の到達度別に群を分けて、各教材の効果を検討したところ、上位群では輪モデル教材が、中位群では、スキーマフラッシュカード教材がそれぞれスキーマの活性化に寄与していたことが示唆された。

以上に得られた知見を総括し第8章では、本研究の結論として、技術科における電気回路設計を説明する静的な設計過程モデルと動的な操作モデル(スキーマ群)、接続概念を重視した回路設計スキーマの活性化を図る学習指導方法と具体的な教材を提案した。その上で、今後の教育実践に向けた示唆と課題を整理した。

2. 審査経過

現在、電気回路設計学習は、STEAM教育振興の動向のもと、技術イノベーション力の育成を標榜する中学校技術科においてその重要性が高まっている。しかし、中学生にとって電気回路設計は難易度が高く、授業においてつまずきが頻発することが問題となっている。この問題に対し本論文では、一般設計学の知見を応用し、電気回路設計のプロセスをモデル化した上で、生徒の認知的実態を把握している。具体的には、電気回路設計を要求概念から機能・属性・実体各概念への写像ととらえ、各概念間の写像過程に係る生徒の実態を調査している。その結果、電気回路設計では、接続に関する概念の形成度や回路の同型性を判断する能力が重要な役割を果たしていることを明らかにした。また、容易に試行錯誤できる回路設計教材を開発し、それを用いた実験を実施し、OODAループモデルを用いた分析を試みている。その結果、課題の到達度が高い生徒群では、回路設計時に必要なスキーマを適切に働かせ、アブダクションを行っていたことを明らかにした。これらの知見を踏まえ本論文では、回路設計スキーマの活性化を支援するための学習指導法と教材(回路設計教材、輪モデル教材、スキーマフラッシュカード)を開発し、試行的に実践した。その結果、生徒の電気回路設計課題の到達度に有意な向上が認められた。

このように本論文は、一般設計学に基づいて電気回路設計過程をモデル化し、それに基づく生徒の認知的実態を把握している点に独創性が見られる。また、電気回路設計能力を高める具体的な学習指導法と教材を提案している点には、有用性と発展性があり、今後の教育実践に大きく貢献するものと期待できる。

3. 審査結果

以上により、本審査委員会は 石橋 直 の提出した学位論文が博士(学校教育学)の学位を授与するにふさわしい内容であると判断し、全員一致で合格と判定した。