

学 位 論 文 要 旨

氏 名 石橋 直

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

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、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に関する学習内容やその系統性の特徴、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(以下、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き、静的かつモデル的な方法論による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して「回路図と機能の照合」など8項目、そのために必要となる知識として「要素(部品やユニット等)の原理や作動条件に関する知識」など11項目を整理した。

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、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。続いて、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、正しさを判別する内理解に加え、誤りを判別する外理解の重要性が示唆された。以上より、接続の概念理解と配線設計の能力との関連性が示された。

問題 3 に対処するために、電気回路設計の動的な思考過程における認知構造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、設計課題に取り組む生徒の様子を記録し、そこでの行為と発話を収集した。OODA(Observe-Orient-Decide-Act)ループを分析のフレームワークとするプロトコル分析を通して、設計を上手く進められた生徒(上位群)とそうでない生徒(下位群)の特徴を検討した。その結果、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が行われず、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、仮説形成的な推論形式であるアブダクションを行っていた可能性が示唆された。

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うる学習指導方法を実践的に検討した。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、許可スキーマ、禁止スキーマ、対策スキーマ、評価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方法を考案し、試行的実践を行った。そのための教材として、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。設計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の有用性とスキーマの活性化との相関が認められた。中位群では、スキーマフラッシュカード教材の有用性とスキーマの活性化との相関が認められた。

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。