

自己調整学習を活用した RC 柱実験 教育システムの開発と効果の検証

主執筆者

雨森 瑞宜

独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構
関東職業能力開発大学校

テーマ

職業能力開発の実践

要旨

全国の職業能力開発大学校 応用課程 建築施工システム技術科において、RC 柱の実験が十分に実施されていない現状に着目し、その教育的意義と課題を再考した。RC 柱は、RC 造建築物において非常に重要な要素であり、その性能や構造評価手法を理解することは、安全な建築物の設計・施工・施工管理において不可欠である。しかし、現状では、RC 柱の実験機会が少ないことに加え、学生が主体的に実験に取り組めていないことから、RC 柱の性能や構造評価手法に関する理解が不十分であることが明らかとなった。

本研究では、これらの課題を解決するため、学生が主体的に実験に取り組み、RC 柱の設計から構造評価手法までを習得できる、自己調整学習を活用した教育システムを開発し、その効果を検証することを目的とした。

開発した教育システムは、自己調整学習の3段階（予見、遂行、自己省察）からなる循環モデルに基づき構成し、各段階で学生の注意を自己調整学習に向けさせる課題を導入した。本教育システムは、関東職業能力開発大学校 専門課程 建築科の学生を対象に実施し、その効果を検証した。本教育システムの効果は、自己調整学習能力（主体性）と授業内容（設計や構造評価手法）の理解度の2つの側面から評価した。その結果、本教育システムを受講した学生は、未受講の学生と比較して自己調整学習能力が有意に向上し、大きな効果も認められた。また、授業内容の理解度については、筆記試験（平均点76点）、実験課題の結果（81点）、実験レポート（平均点75点）のいずれにおいても概ね高評価であった。

以上の結果から、開発した教育システムは、学生が主体的にRC 柱の設計から構造評価手法までを習得できる効果的な教育システムであることが示唆された。本研究で開発した教育システムは、RC 柱の設計や構造評価手法に関する理解を深め、主体的な学習態度を育成することに貢献することが期待される。

目次

1. 序論
 - 1.1. 研究の背景
 - 1.2. 研究の目的
 - 1.3. 本研究の位置づけ

2. SRL の概念
 - 2.1. SRL の重要性と求められる学び方
 - 2.2. SRL の定義と社会的認知モデル
 - 2.3. SRL (社会的認知モデル) のプロセスと構成要素
 - 2.3.1. SRL のプロセス
 - 2.3.2. SRL を支える3つの要素
 - 2.4. SRL における他者の役割

3. 教育システムの開発と実践
 - 3.1. 教育システムの概要
 - 3.2. 対象者と介入期間
 - 3.3. 教育システムの実践
 - 3.3.1. 予見段階における教育実践
 - 3.3.2. 遂行段階における教育実践
 - 3.3.3. 自己省察段階における教育実践
 - 3.4. 教育システムの評価方法
 - 3.4.1. 評価方法の概要
 - 3.4.2. SRL 能力の評価方法
 - 3.4.3. 筆記試験の評価方法
 - 3.4.4. 実験結果の評価方法
 - 3.4.5. 実験レポートの評価方法

4. 教育システムの結果と考察
 - 4.1. MAI 改訳版による SRL 能力の評価
 - 4.1.1. 調査方法
 - 4.1.2. 結果と考察
 - 4.1.2.1. 教育システム実施前
 - 4.1.2.2. 教育システム実施後
 - 4.1.3. まとめ
 - 4.2. その他の評価
 - 4.2.1. 筆記試験の評価
 - 4.2.2. 実験結果の評価
 - 4.2.3. 実験レポートの評価

5. 結論
 - 5.1. 総括
 - 5.2. 今後の課題

1. 序論

1.1. 研究の背景

近年、福島県沖地震や能登半島地震など大規模地震が頻発しており、鉄筋コンクリート（以下、RC）造建築物においても震災被害が確認されている。特に、2011年の東北地方太平洋沖地震では、RC造建築物において、柱の損傷、壁のひび割れなど数多くの構造的損傷が発生した^[1]。中でも、柱の崩壊は建物の倒壊に直結し、人的被害をもたらす可能性が非常に高い。そのため、建設技術者には、柱に作用する軸力、水平力による変形、応力分布、破壊に至る終局耐力など、RC柱の性能や構造評価手法について深く理解することが求められている。また、学生教育においては、実際のRC柱試験体を用いた実験やシミュレーションなどを通じて、これらの知識・技能を効果的に習得させることが必要である。

このような背景から、職業能力開発大学校 応用課程 建築施工システム技術科（以下、建築施工システム技術科）では、実験を通じてRC柱の耐震性能等を評価できる水平加力試験機が整備されている。しかし、現行のRC実験に関する教育システムでは、この試験機が十分に活用されていない（表1.1）。同表から、全国の建築施工システム技術科において、RC柱の実験を実施しているのはわずか2校のみである。加えて、各校へのヒアリングから、実験課題は教員主導の傾向が強く、授業の評価もレポート審査が中心である。このような状況では、学生が習得すべき知識や能力を十分に身に付けられているか疑問が残る。

表 1.1 全国の建築施工システム技術科におけるRC実験の実施状況

	実験内容		試験体数	単位数	授業評価
	RC 梁	RC 柱	(体)	(単位)	(評価項目)
A 能開大	○	×	曲げ1体, せん断1体	4	レポート 取り組む姿勢
B 能開大	○	○	梁: 曲げ1体, せん断1体 柱: 曲げ1体, せん断1体	8	レポート, 発表 取り組む姿勢
C 能開大	○	×	曲げ1体, せん断1体	4	レポート 取り組む姿勢
D 能開大	×	○	曲げ1体, せん断1体	4	レポート 取り組む姿勢
E 能開大	○	×	曲げ1体, せん断1体, その他1体	4	レポート, 発表 取り組む姿勢

一方、応用課程では、「ものづくり現場を集合教育訓練に導入する」という独自の教育訓練システムを展開し、「ワーキング・グループ方式」「実学融合方式」「課題学習方式」の3つの学習方式を実践している。特に、ワーキング・グループ方式は、共通の課題解決に向けて協力することで、目標達成と能力向上を同時に実現できる有効な方法である。しかし、メンバー間の意見対立による議論の停滞、情報共有の不足と作業の重複、主体性の欠如による一部メンバーへの負担集中や他メンバーの学習意欲の低下といった課題も見受けられる。これらの課題は、筆者所属施設に限らず、全国においても同様に生じている。しかし、解決に向けた取り組みは積極的に行われていない。このことは、学生が主体的に学習に取り組む機会を損ない、習得すべき能力を十分に身に付けられていない問題につながっている。

1.2. 研究の目的

建築施工システム技術科で実施している RC 実験は、RC 造の概念、設計方法、構造評価手法について、職業能力開発大学校の特色である実学一体で習得できる貴重な機会である。また、理論と実践を結びつけるこの実験は、学生の理解を深める上で非常に重要な役割を果たす。しかし、現行の RC 実験の教育システムには、RC 柱の実験機会が限られていること、グループワークにおける学生の主体性の不足、そしてレポート審査のみといった教員側の評価手法の課題が存在する。

このような背景のもと、本研究では、RC 柱実験を通じて、主体的に設計から構造評価までを習得できる、自己調整学習 (Self-Regulated Learning, 以下、SRL) を活用した教育システムを開発し、その効果を検証することを目的とする。SRL は、学習者が主体的に学習過程を管理・調整する学習理論であり、詳細については2章で論述する。また、本稿では、開発した教育システムが SRL 能力に与える影響を主たる焦点とし、その他の分析結果については、簡潔に記述する。

1.3. 本研究の位置づけ

日本における SRL に関する研究は、1990 年代から教育心理学分野を中心に徐々に注目され始め、2000 年代後半に入り増加傾向にある^[2]。近年では、一般向けの解説書や実践書も数多く出版され、SRL への関心の高まりが窺える。

SRL に関する研究は、目的や方法論により多岐にわたるが、本稿では、本研究と類似する、「SRL 要素への教育的介入による効果を検証した実践研究」に焦点を当てて紹介する。

丹治・横田 (2017) は、小学校の特別支援学級に在籍する自閉症スペクトラム児を対象に、自己調整方略学習モデルに基づいた作文指導を行った^[3]。このモデルは、プランニングやモニタリングといった学習過程と方略使用への動機づけに注目し、作文指導を行う実践的な枠組みである。この研究では、自閉症スペクトラム児の特性を考慮し、モデルを修正した作文指導を行い、その結果、作文の量と質の双方において改善が見られたことが報告されている。

小八重・兵頭 (2024) は、中学校1年生を対象に、工具操作技能の向上を目的とした SRL モデルを開発し、その効果を検証した^[4]。この研究では、のこぎりびき技能の習得を目標とし、SRL の社会的認知モデルに基づいた予見、遂行、自己省察の3段階の循環的プロセスから構成されるモデルを開発し、実践した。その結果、振り返りシートを用いた5段階評価 (S~D) において、A 段階以上の評価を得た学生が、91.6%と高い割合を示し、開発した SRL モデルの有用性が報告されている。

これらの介入研究に代表されるように、SRL を促す実践的な研究の多くは、小学生から高校生を対象としたものが中心であり、大学生を対象とした研究は限られている。また、学習に用いられる課題も単一事例の考察や単純な技能評価が主流である。本研究のような大学生を対象とし、かつ RC 柱の設計・施工・実験・評価といった様々な要素を複合的に扱う研究は見当たらない。そこで本研究では、大学生を対象とした実験カリキュラムに SRL を導入し、教育システムの開発とその効果の検証を行う。

2. SRL の概念

2.1. SRL の重要性と求められる学び方

近年、日本の教育現場では、SRL への関心が高まり、多くの研究が行われている。新学習指導要領（2017年告示）では、「知識及び技能」「思考力、判断力、表現力等」「学びに向かう力、人間性等」の3つの柱を掲げ、これらの資質・能力の育成を目指している^[5]。特に、「学びに向かう力、人間性等」は、感情・行動の制御やメタ認知を含む重要な要素である。これらの育成には、主体的・対話的で深い学びが不可欠であり、主体的な学びには自らの学習を調整する能力が含まれている。すなわち、学習者が自律的に学びを調整する SRL は、現代の教育における重要な目標の1つである。

このような学習のあり方は、日本の義務教育のみならず、学校教育全体、さらには Education2030 においても重要視されている^[6]。社会の変化が激しく、唯一の正解のない問題が増加する現代において、その重要性は増々高まっている。従来の「教えられる」「教えてもらう」といった受け身の学習スタイルでは、変化に対応することが困難であり、自ら考え行動する力が求められている。

2.2. SRL の定義と社会的認知モデル

SRL とは、学習者が自ら学習を計画・実行・評価することで、主体的に学習を進める方法である。学習者は、与えられた課題を単にこなすだけでなく、自ら目標を設定し、自身に合った学習方法を選択、そして進捗状況を把握しながら学習を進める。これにより、深い理解と高い学習意欲が生まれ、生涯にわたり学び続ける力が養われる。

この概念は、Bandura の自己効力感に関する理論を起源とし、後に社会的認知理論に統合される^[7]。Bandura は、自己効力感が SRL 能力に影響し、高い SRL 能力が学習を促進するとともに、自己効力感をさらに高めると指摘している^[8]。

SRL は、教育心理学分野における主要なテーマの1つとして、豊富な研究が進められてきた。これらの研究を通じて、メタ認知、動機づけ、学習方略といった学業達成に影響する複数の要素が SRL の概念に統合され、その理論的發展を支えている。中でも、Zimmerman らの研究グループは SRL の研究を主導し、彼らが提唱した社会的認知モデルは、日本においても代表的な SRL 理論として広く認識されている^[9]。このモデルでは、SRL を「学習者がメタ認知、動機づけ、行動の3つの側面において、自分自身の学習過程に能動的に関与する学習」と定義している^[10]。また、これら3つの要素が相互に作用することで、効果的な学習が実現するとしている。

この社会的認知モデルは、SRL のプロセスを詳細に説明し、そのメカニズムを解明する上で重要な役割を果たす。そのため、本研究では、社会的認知モデルに基づき教育システムを開発する。

2.3. SRL（社会的認知モデル）のプロセスと構成要素

2.3.1. SRLのプロセス

Zimmerman は、SRLのプロセスを「予見」「遂行」「自己省察」の3段階に分類し、これらが循環することで効果的な学習が促進されるとしている^[10]。この循環モデルは、効果的な学習を促す上で極めて重要な概念の1つである（図2.1）。

(1) 予見段階

学習を始める前の準備段階である。具体的な目標を設定し、最適な学習計画を立案する。この段階で、自己効力感を高めることで、学習に対する意欲を形成する。

(2) 遂行段階

学習中の活動段階である。メタ認知（自身の思考・行動を客観的に捉え、評価し、制御する能力）を用いて自身の学習プロセスをモニタリングし、自己教示や注意の焦点化によって学習行動をコントロールする。

(3) 自己省察段階

学習後の評価段階である。学習成果を評価し、成功や失敗の原因を分析する原因帰属を行い、自己評価を通じて学習経験を振り返ることで、次の学習へと活かす。

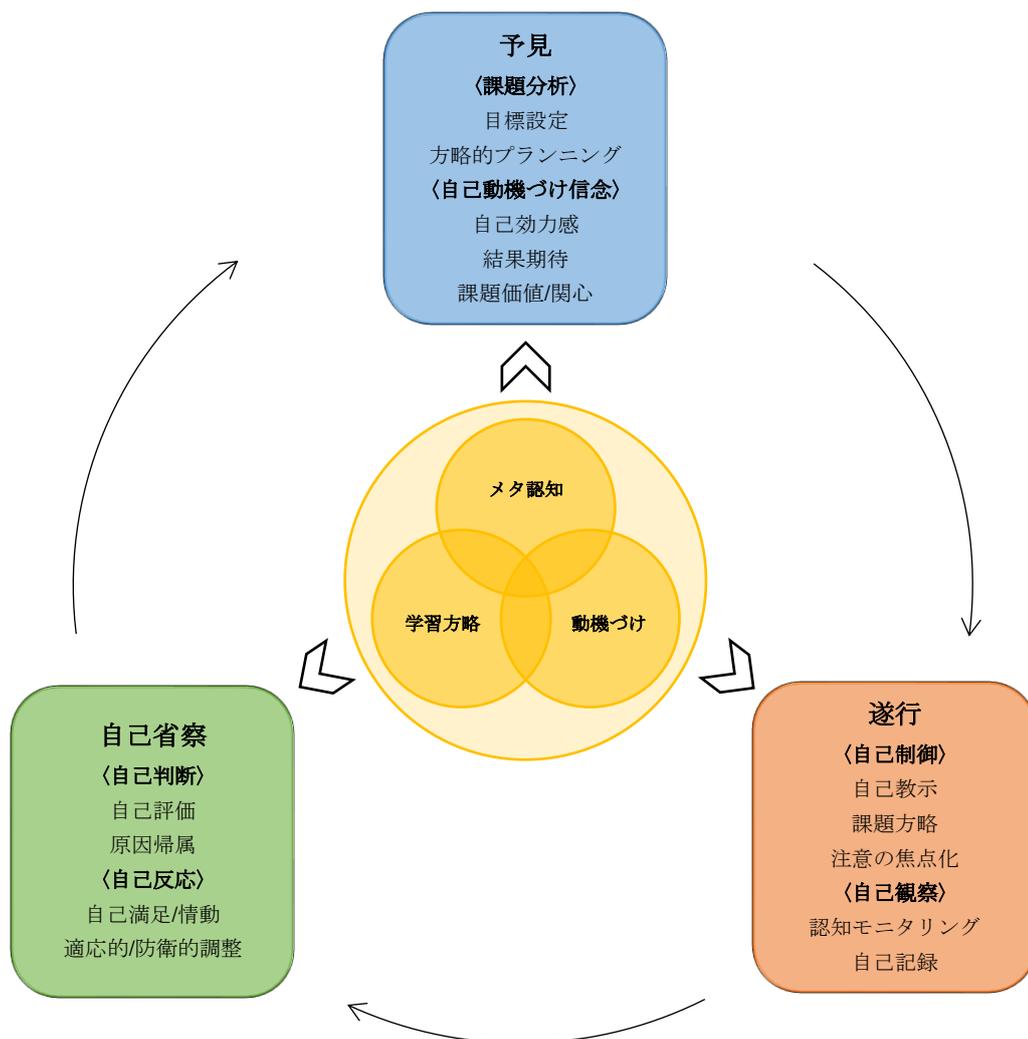


図2.1 SRLの循環モデルと構成要素

2.3.2. SRLを支える3つの要素

Zimmerman は、上記の SRL プロセスを支える要素として、「メタ認知」「動機づけ」「学習方略」の3つを挙げている^[10]。これらの要素は相互に作用し、学習者が自らの学びを効果的に調整することを支援する（図 2.1）。

(1) メタ認知

自身の認知活動（思考、感情、行動）を客観的に捉え、評価し、制御する高次な能力である。Zimmerman は、これを「自分自身の思考に対する気づきと知識」と定義している^[10]。メタ認知が高い学習者は、自身の思考パターンを把握し、効率的な学習や問題解決を可能とする。このメタ認知は、SRL との異同や関連性について議論されることが多いが、両者は密接に関係しており、メタ認知が SRL を支える重要な要素であることは共通認識である。

(2) 動機づけ

学習意欲や目標達成への熱意を指し、SRL における主体的な学習活動やプロセスの循環を駆動する内的エネルギーである。特に自己効力感と深く結びつき、Bandura は「自分ではできる」という自信と「やれば良い結果が得られる」という期待が動機づけを高めると説明している^[7]。Zimmerman も、動機づけが学習への集中や困難への粘り強さを促進すると指摘しており^[11]、学習者の自己効力感を高める支援が SRL の促進に重要である。

(3) 学習方略

学習目標達成のための具体的な方法や技術であり、効率的な学習に不可欠である。Zimmerman らは、環境構成（集中できる環境整備）や体制化と変換（複雑な内容の整理）など多様な SRL 方略を提唱している^[12]。その習得と活用を支援する SRSD（Self-Regulated Strategy Development）モデルは、戦略導入から自律的な遂行まで6段階で構成される指導法であり^[13]、本教育システムにおける演習課題でもこれを参考としている。

2.4. SRLにおける他者の役割

SRL は、学習者が自律的に学習過程を調整するものと捉えられがちである。しかし、実際には他者との関わりを全く必要としないわけではない。SRL の学習過程では、「自己調整の発達」「学習方略」「他者との協働」の3側面から他者の役割が重視される^[14]。

まず、Zimmerman の社会的認知モデルは、SRL 能力が観察的模倣から始まり、自己制御を経て自律に至る4段階で発達することを示している⁹⁾。これは、SRL が他者の影響下で形成される側面を持つことを意味する。また、他者からの援助要請は、SRL の重要な学習方略の1つである^[12]。困難に際して教師や仲間へ援助を求めたり、協力して学習を進めたりする行動は、自己調整が個人的プロセスに留まらないことを示している。さらに、他者との協働は、複数の学習者が互いに影響し合いながら共同で学習する過程を指し、Hadwin らは、対話や協力を通じた相互作用が学習目標達成を効果的にすると指摘している^[15]。

このように、SRL は個人の内的なプロセスと同時に、他者との関わりが不可欠である。本研究では、実験カリキュラムに SRL を導入し、グループワークで実施する。これにより、学習者間の相互作用が促進され、他者との関わりが SRL の向上に繋がり、学習効果を高めることが期待される。

3. 教育システムの開発と実践

3.1. 教育システムの概要

本研究では、教員主導型のような学生が受動的に知識を吸収する教育からの脱却を目指し、SRLを活用した新たな教育システムを提案した。本システムは、学習目標の設定、学習過程のモニタリング、学習成果の評価といったSRLの主要要素を統合し、学生が主体的な学習者へと成長することを目的としている。

本教育システムは、SRLの予見、遂行、自己省察の3段階からなる循環的なプロセスに基づき設計し、各段階で学生の意識をSRLの各要素に向けさせるための課題を導入した（図3.1）。

予見段階では、SRLの重要性と有効性を学生に認識させるため、関連する講義や課題を実施した。また、学習目標の設定や自己評価方法の説明など、主体的な学習に向けた準備を促した。遂行段階では、RC実験に関する講義や演習、学習日誌の作成に加え、性能目標設計課題（以下、実験課題）とその実験を行った。これらの活動を通じて、学生が主体的に学習活動を実践できる環境を提供した。自己省察段階では、実験レポートの作成に加え、作成したレポートの自己・相互評価を実施した。この取り組みにより、学生は自身の学習過程を客観的に振り返り、今後の学習活動の改善へと繋げることが可能となった。

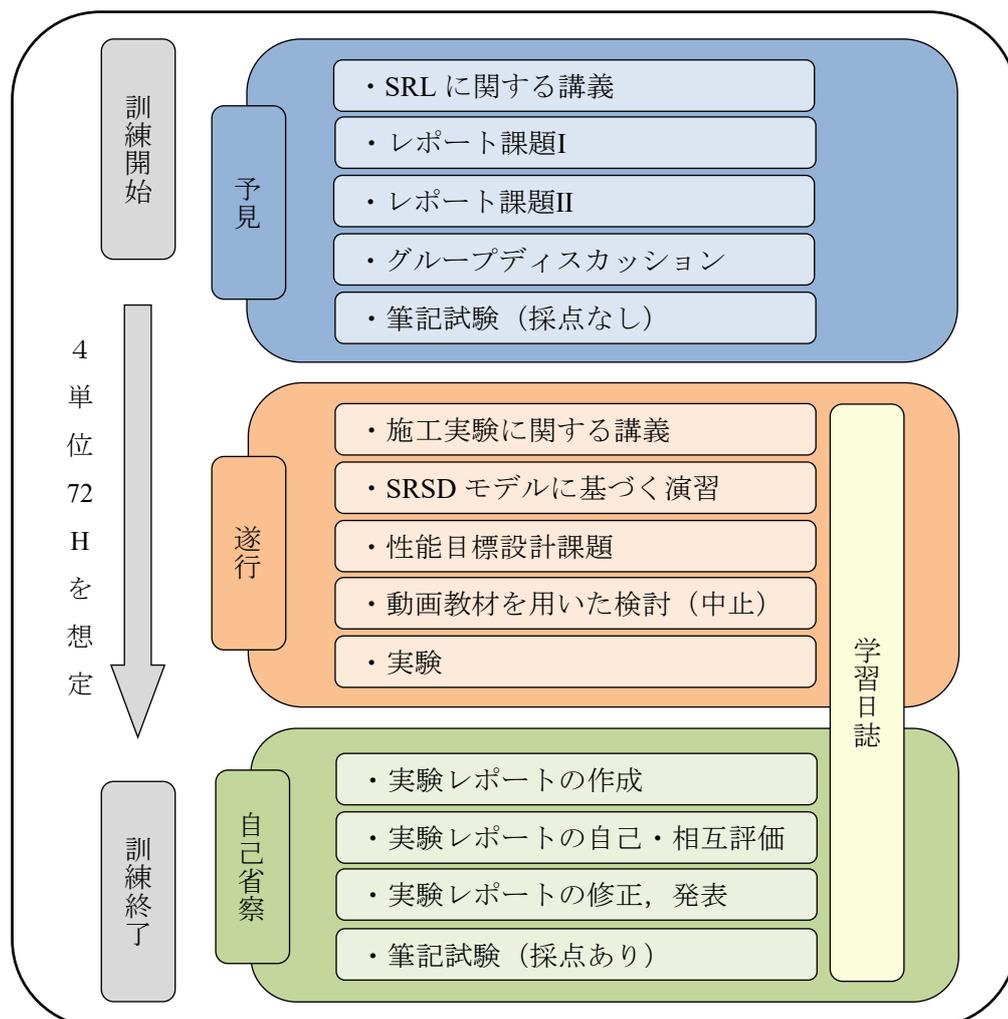


図 3.1 教育システムの全体像

3.2. 対象者と介入期間

対象者は、筆者所属施設 専門課程 建築科 2年に在籍する5名とした。当初は、同校の建築施工システム技術科での実施が適切であると考えたが、実施時期やカリキュラムの制約から、同科での実施は困難であった。そのため、建築科の学生に協力を依頼した。

対象者は、本研究の開始時点（2024年5月）で、RC実験に関連する以下の科目を履修済みであった。また、教育システムの介入期間は、2024年9月末から2025年1月上旬までの約3カ月間とした（引用資料の表S1）。

- ・ 建築施工I・II（各種躯体工事に関する知識全般）
- ・ 建築材料I・II（仕上げ・機能材料の種類と特性）
- ・ 建築材料実験（コンクリートの各種試験）
- ・ 構造力学I・II（静定、不静定構造の解法）
- ・ 構造設計I・II（許容応力度、断面算定）

3.3. 教育システムの実践

3.3.1. 予見段階における教育実践

予見段階では、学生がSRLの重要性と有効性を認識することが不可欠である。そこで、教育システムの導入段階において、学生がSRLの意義や方法論を習得できる計画した。具体的には、まずSRLの理論的背景と実践するためのヒントについて講義を行った。あわせて、学習や思考に関する2つのレポート課題を実施した（表3.1、参考資料1, 2）。これらの導入により、SRLの理論的背景を共有することで、学生のSRLの意義に対する理解を促し、その後の授業における学習活動への主体的な取り組みを期待した。

表 3.1 2つのレポート課題の概要

課題	テーマ	内容・特徴
レポート課題I (振り返りレポート)	「私は、構造設計IIにおいて、 どのようにして優評価を獲得したのか」 または 「私は、構造設計IIにおいて、 なぜ優評価を獲得できなかったのか」	SRLの3段階（予見、遂行、自己省察）、3要素（メタ認知、動機づけ、学習方略）に基づいて、学習行動を客観的に分析し、振り返る1500～3000字のレポート。
レポート課題II (読書レポート)	「学ぶこと〈あなたが最初にすべきこと〉 (Learning 〈your first job〉)」 ^[16]	小論文を読んで、主要な概念を理解し、学習経験と照らし合わせて、5つの各設問に200～300字で回答するレポート。 この小論文は、理解することと覚えることの違い、授業科目に対する興味を高める方法、授業以外の時間を効果的に使う方法などが紹介されている。

注：[16]は Leamson, R. (2002)

さらに、レポート課題のまとめの活動を通じて、学生が学習過程を振り返り、今後の学習に繋げるための自己省察を深める機会を設けた（図3.2）。この活動では、学生同士が互いのレポートを共有し、フィードバックを行うことで、多様な学習方法に触れ、学習方法を見直すきっかけを提供した。この取り組みは、学生が学習方法やその効果について客観的に分析し、今後の学習活動に活かす上で重要なステップである。



(a) 学生による発表

(b) 教員による講評

図3.2 まとめ活動の様子

最後に、RC 柱実験の概要および成績評価基準などの説明を行った後、点数付けを行わない事前テストを実施した。このテストは、RC 実験の授業内容に関連する既有知識の活性化と、新しい知識を得るための準備として実施した。また、シラバスの「授業科目の訓練目標」には、SRLを支える3要素について説明できる、SRLの3段階に基づき学習に取り組めるなど、SRLに関する項目を明記した。これは、訓練内容の理解度を高めるだけでなく、学習そのものに対する姿勢や効果的な学習方法を習得することが、学生の主体的な学習者への成長に繋がると考えたためである。

3.3.2. 遂行段階における教育実践

遂行段階では、まずRC 構造物の理論、設計手法、ひび割れ耐力、終局耐力といった、構造物の性能評価に必要な手法について講義を実施した。その後、理解度の確認と知識の定着を図るための演習を行った。演習では、SRSDモデルを参考に、教員による手本示範、教員支援下での実践、学生の単独での実践という段階的な指導を通じて、学習の自立を促した。同時に、学生には各講義の開始時および終了時に学習日誌の作成を義務付けた（引用資料の図S1）。この学習日誌には、学生の主体的な学習を促すため、授業時間外の学習履歴を記録できる記入欄も設けた。学生は、各講義の学習内容、疑問点、課題などを記録することで、学習過程の振り返りや次の学習に繋がる機会を得ることができた。これにより、学習の連続性を確保し、自己モニタリングを中心にSRL能力の向上を図った。学習日誌は、次の講義の際に回収し、フィードバックを行った。

次に、RC 柱実験の核となる実験課題を実施した。具体的には、教員がRC 柱に関する性能目標や設計条件を提示し、学生にこの性能目標を達成するRC 柱の設計を行わせた（引用資料の図S2）。この際、設計のヒントとして、過去の実験の様子、実験結果および考察をま

とめた動画教材を提示する予定であった。しかし、試験機の故障により動画を撮影できなかったため、動画教材の提示は叶わなかった。その代わりに、他校から実験データを頂き、教員が解説することで代替とした。その後、学生はグループごとにRC柱の設計案についてプレゼンテーションを行い、最も性能目標を達成できると判断される設計案に基づき、RC柱を製作し、実験した。これらの活動を通じて、学生は学習目標の設定、計画の立案、情報収集、問題解決といった主体的な学習活動を実践した。また、演習、グループワーク、プレゼンテーションといった多様な学習活動を通じて、学習方略などSRLに必要な能力を身に付けた。本研究では、対象者が5名であったため、2名と3名の2つのグループに分けて実施した。

3.3.3. 自己省察段階における教育実践

自己省察段階では、学生一人ひとりが実験結果を分析し、その結果をまとめた実験レポートを作成した。学生は作成したレポートを教員が提示する評価基準に照らし合わせて自己評価を行った(図3.3, 引用資料の図S3)。さらに、匿名で複数のレポートを相互評価することで、多様な視点から自身のレポートを見直す機会を提供した。他者のレポートを評価する際には、既往の研究^[17]を参考に、コメントシートにコメントを記入させた。この自己・相互評価を通じて、学生は自身のレポートを客観的に評価し、他の学生のレポートから新しい視点や表現方法を学ぶことができた。これにより、学習状況をより深く理解し、メタ認知を高め、自分の強みや弱みを把握することで、より効果的な学習方法を見出すことが可能となった。また、学生は自己・相互評価の結果を踏まえ、実験レポートを修正し、修正後のレポートをクラスの前で発表した。発表を通じて、自身の考えを整理し、他の学生からフィードバックを得ることで、新たな視点や深い理解を促し、学習の質を高めることができた。

最後に、筆記試験を実施し、授業内容に関する理解度を測定した。学生には、試験結果を踏まえて、自身の学習状況を再確認し、今後の学習計画に反映させることを期待した。



図 3.3 自己・相互評価の様子

3.4. 教育システムの評価方法

3.4.1. 評価方法の概要

本研究では、開発した教育システムの効果を、SRL能力と授業内容の理解度の2つの側面から評価した(表3.2, 引用資料の図S4)。SRL能力は、学習計画、学習行動のモニタリング、学習結果の評価といった能力についてアンケートを用いて評価した。このアンケートは、教育システム実施前と実施後に行い、その変化を分析した。授業内容の理解度は、筆記試験、RC柱の水平加力試験の実験結果および実験レポートを用いて評価した。

表 3.2 評価方法の概要

評価項目	評価手法	評価尺度	評価基準・形式
SRL能力	MAI改訳版 (アンケート)	「まったくあてはまらない」～ 「とてもあてはまる」の6件法	8下位尺度58項目
			①宣言的知識, ②手続きの知識, ③条件の知識, ④プランニング, ⑤情報管理方略, ⑥モニタリング, ⑦修正方略, ⑧学習評価
授業内容の 理解度	筆記試験	正誤割合, 100点満点	二者択一式(○, ×), 記述式, 計算式
	実験結果 (ループリック)	「優」～「不可」の4件法 (100点満点で点数化)	①設計の妥当性, ②製作物の正確性, ③性能目標達成度, ④ひび割れ発生状況, ⑤時間管理, ⑥安全対策
	実験レポート (ループリック)	「優」～「不可」の4件法 (100点満点で点数化)	①データ整理・可視化, ②データ解析・誤差分析, ③考察の深さ, ④レポート構成・体裁, ⑤文章表現, ⑥誤字・脱字, ⑦参考文献

3.4.2. SRL能力の評価方法

SRL能力を測定するアンケートには、個々の学問領域に特化しない、一般的なSRL能力を測定できるメタ認知的気づき質問紙「Metacognitive Awareness Inventory」^[18]を基に、丹羽らによって作成された日本語改訳版(以下、MAI改訳版)を使用した^[19]。

MAI改訳版は、知識面(宣言的知識、手続きの知識、条件の知識)と行動面(プランニング、情報管理方略、モニタリング、修正方略、学習評価)の8つの下位尺度、計58項目で構成される(引用資料の図S5, 表S2)。これら8つの下位尺度と教育システムの実施内容の関係を図3.4に示す。

本研究では、丹羽らの研究と同様に、回答のしやすさを考慮し、58項目に対して「1:まったくあてはまらない」から「6:とてもあてはまる」の6件法で回答を求めた。また、各項目の回答を1点から6点までの得点(MAIスコア)で数値化し評価した。

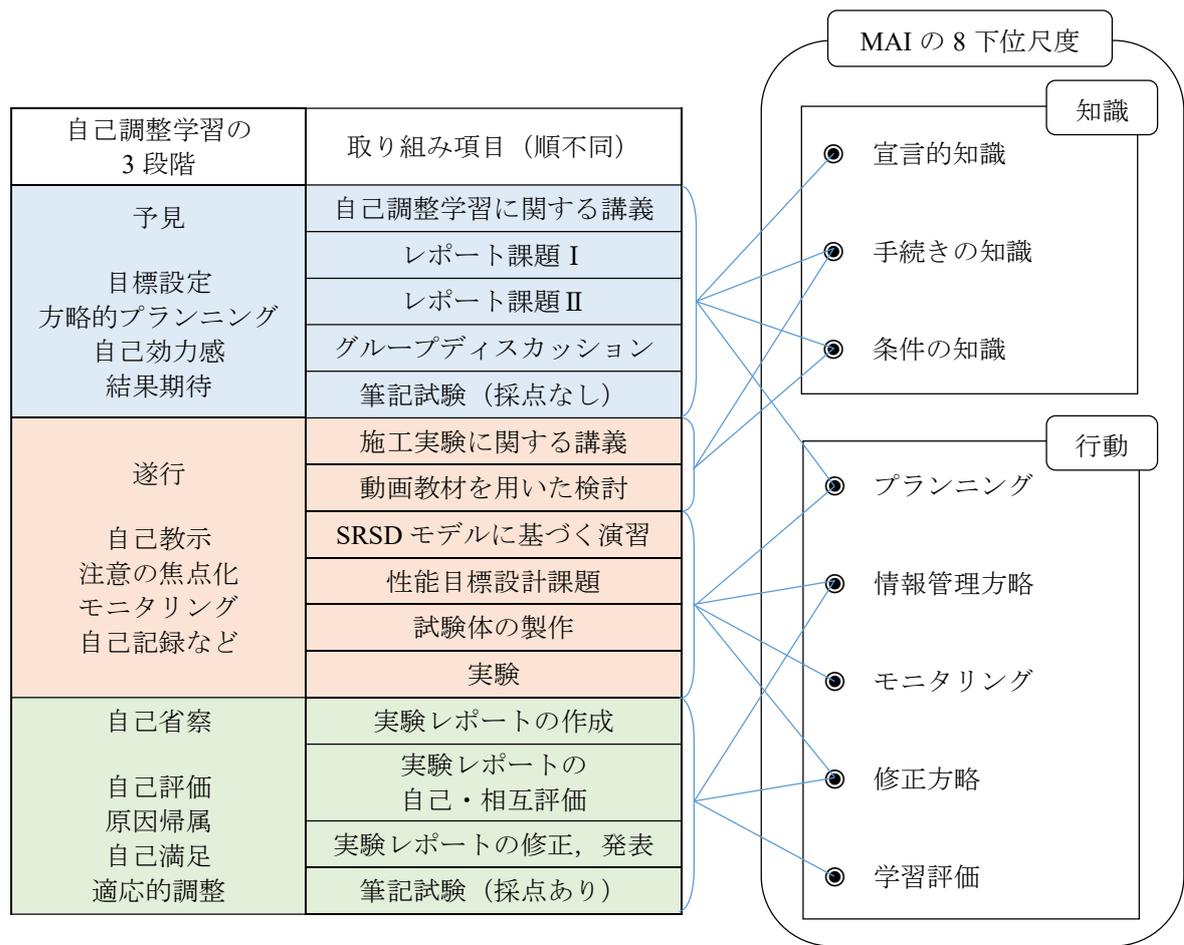


図 3.4 MAI 改訳版の 8 下位尺度と教育システムの実施内容の関係

3.4.3. 筆記試験の評価方法

授業内容の知識に関する理解度は、二者択一式、記述式、計算式から構成される筆記試験で客観的に評価した (参考資料 3)。全ての問題において、解答の自信度を 4 段階で評価する形式を採用した。これは、自信度と解答の一致度 (適合率や再現率) を評価するためである。

試験内容は、RC 実験に関連する既習内容を 3~4 割、未習内容を 6~7 割で構成した。この構成は、試験を予見段階に実施することで既有知識を活性化し、学習への興味関心を高めるためである。この予見段階の試験により、対象者は最終目標となる知識を事前に把握し、学習意欲を高めることが可能となる。

自己省察段階では、予見段階の試験を一部改変した問題を実施した。この試験は、各形式で正答率および 100 点満点で採点し、知識の定着度を測定した。問題数は、二者択一式 20 問、記述式 15 問、計算式 5 問を標準とした。また、本教育システムの効果検証のため、従来の教育システム対象者 (B 能開大) にも同様の問題を実施した。

3.4.4. 実験結果の評価方法

RC柱の水平加力試験の実験結果は、教員が提示した性能目標と学生が設計・製作したRC柱の実験結果との一致度に基づき評価した。評価はルーブリック評価表を用い、基準を明確にすることで客観性を高めた（引用資料の表 S3）。

評価項目は、①設計の妥当性、②製作物の正確性、③性能目標達成度、④ひび割れ発生状況、⑤時間管理、⑥安全対策の6項目とし、4段階（優：100～80点、良：79～70点、可：69～60点、不可 59～0点）で評価した。これにより、設計の理論的妥当性から、製作精度、そして最終的な性能目標達成度まで、実験結果の必要要素を評価することが可能である。

評価は授業に携わる2名の教員が行い、最終評価は両者の平均値とすることで客観性と公平性を確保した。

3.4.5. 実験レポートの評価方法

実験レポートは、水平加力試験の実験結果と同様に、ルーブリック評価表を用いて、2名の教員により評価した（引用資料の表 S4）。

評価項目は、①データ整理・可視化、②データ解析・誤差分析、③考察の深さ、④レポート構成・体裁、⑤文章表現、⑥誤字・脱字、⑦参考文献の7項目とし、4段階（優：100～80点、良：79～70点、可：69～60点、不可 59～0点）で評価した。これにより、データの分析・考察力および学術的な報告書作成能力を包括的に評価することが可能である。

4. 教育システムの結果と考察

4.1. MAI 改訳版による SRL 能力の評価

4.1.1. 調査方法

調査対象者は、教育システムの対象者 5 名（以下、対象群）と、同科の 2 年生 20 名（以下、比較群）の計 25 名とした。なお、事前に GPA を基に、両群間で学業成績の分布に偏りがないことを確認した。また、データ集計時には、欠損値および努力の最小限化が見られたものは除外した。その結果、教育システム実施前の有効回答数は 20 名（対象群 5 名、比較群 15 名）、実施後の有効回答数は 22 名（対象群 5 名、比較群 17 名）を得た。

4.1.2. 結果と考察

4.1.2.1. 教育システム実施前

教育システム実施前において、対象群と比較群の MAI スコアに大きな差は認められなかった（図 4.1, 表 4.1）。対応のない t 検定（両側）の結果、すべての尺度において統計的有意差は認められなかった。この結果は、教育システム実施前の両群の SRL 能力に大きな差がなかったことを示している。一方で、標準偏差には若干の差が見られ、比較群の標準偏差は対象群より大きかった。これは、比較群の SRL 能力に関する認識にばらつきがあることを示唆している。また、対象群の「手続きの知識」の標準偏差が大きかったのは、該当尺度に関する項目数やサンプルサイズが小さいため、統計的な安定性が低く、個々の回答のばらつきが結果に大きく反映した可能性が考えられる（引用資料の図 S6）。

MAI スコアを尺度別に分析すると、両群ともに「プランニング」「モニタリング」「学習評価」のスコアが 8 下位尺度全体の平均値を下回る結果となった。これは、学生のメタ認知的な側面に改善の余地があることを強く示唆している。特に、対象群において「モニタリング」の全ての項目が平均値より低いことから、学習中の自己モニタリング能力が低いと推察される（引用資料の図 S6）。学生は自身の理解度を適切に把握できず、不十分なまま学習を進め、学習効果が低下している可能性がある。さらに、「プランニング」や「学習評価」のスコアが低いことは、学習の計画性や振り返りの習慣が不足していることを示唆しており、内容の定着困難、時間不足、改善点の見落としといった問題につながりうる可能性が高い。

以上から、教育システム実施前では、両群間に SRL 能力の大きな差はなく、両群ともに学習の計画、実行、そして振り返りといったメタ認知的な側面に共通の課題を抱えていることが明らかとなった。これは、開発する教育システムがこれらの側面への働きかけを重視する根拠となる。

表 4.1 教育システム実施前における MAI スコアの比較

尺度 (項目)	MAI スコア				標準偏差 SD		
	対象群	比較群	差 (絶対値)	検定	対象群	比較群	差 (絶対値)
DK : 宣言的知識	3.77	3.80	0.03	n.s.	0.13	0.82	0.69
PK : 手続きの知識	4.00	3.87	0.13	n.s.	1.02	0.87	0.15
CK : 条件の知識	4.27	3.86	0.41	n.s.	0.65	0.82	0.17
P : プランニング	3.51	3.54	0.03	n.s.	0.52	0.69	0.17
IMS : 情報管理方略	3.82	3.79	0.03	n.s.	0.61	0.84	0.23
M : モニタリング	3.37	3.66	0.29	n.s.	0.48	0.79	0.19
DS : 修正方略	3.98	3.99	0.01	n.s.	0.45	0.99	0.54
E : 学習評価	3.40	3.54	0.14	n.s.	0.38	0.74	0.36
8 下位尺度の平均	3.77	3.76	0.13	n.s.	0.41	0.75	0.34

†p<.1, *p<.05, **p<.01, n.s.:有意差なし

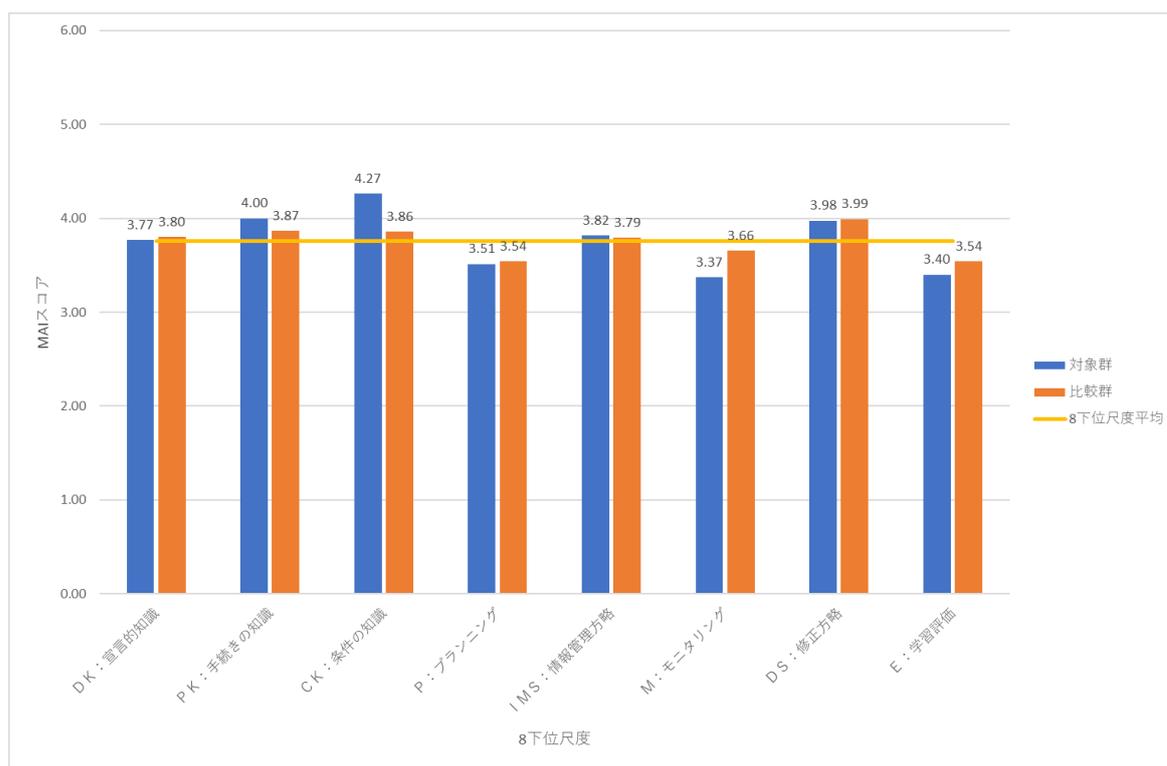


図 4.1 教育システム実施前における MAI スコアの比較

4.1.2.2. 教育システム実施後

対象群の MAI スコアは、すべての尺度において上昇し、特に「プランニング」の尺度において、顕著な上昇が確認された（表 4.2, 図 4.2）。対応のある t 検定（片側）の結果、すべての尺度で統計的有意差が認められた。また、効果量を算出した結果、「手続きの知識」では中程度、その他の尺度では大きな効果が認められた。さらに、実施後に標準偏差が減少し、対象者間のばらつきが小さくなったことから、本教育システムが受講者の多様な学習スタイルや背景に関わらず、SRL 能力の向上に均一かつ効果的に貢献したことを示唆している。

一方、比較群は、一部の尺度でわずかな上昇が見られたものの、低下している尺度も確認された（表 4.3, 図 4.3）。対応のない t 検定（両側）の結果、すべての尺度で統計的有意差は認められなかった。また、効果量を算出した結果、「宣言の知識」「条件の知識」「修正方略」において小さな効果が認められたものの、その他の尺度では効果は認められなかった。しかし、標準偏差が小さくなっていることから、平常授業や総合制作実習（卒業制作）などの要因で、SRL 能力に関する認識がある程度均一化した可能性を示唆している。

教育システム実施後における対象群と比較群の間では、すべての尺度において顕著な差が認められた（表 4.4, 図 4.4）。対応のない t 検定（両側）の結果、「手続きの知識」「モニタリング」以外の尺度において、統計的有意差が認められた。また、効果量を算出した結果、すべての尺度において、大きな効果が認められた。特に「宣言的知識」「条件の知識」「情報管理方略」「修正方略」の効果が大きかったことから、教育システムの予見段階におけるレポート課題やまとめの活動、自己省察段階における実験レポートの自己評価・相互評価が効果的であったと推察される。ただし、「手続きの知識」と「モニタリング」においては、大きな効果量を示したものの、5%水準での有意差は認められなかった。この理由として、「手続きの知識」では前述の通り統計的安定性が低かったこと、「モニタリング」では教育システム実施前の対象群のスコアが比較群より低く、実施後に上昇したものの両群間の差が比較的小さかったことが考えられる。

4.1.3. まとめ

以上から、本教育システムは対象群の SRL 能力を向上させる上で効果的であったことが強く示唆される。特に、学習目標の設定や計画作成といった SRL の基盤となる「プランニング」能力の向上に大きく寄与した点は、本教育システムが有効に機能したことを示す重要な成果である。また、「宣言的知識」「修正方略」「学習評価」といった、SRL の各段階において重要な役割を果たす能力が向上したことも、本教育システムの有効性を示す結果と言える。さらに、対象群の標準偏差が減少したことは、教育システムが受講者の多様な学習スタイルや背景に関わらず、SRL 能力の均一な向上に貢献したことを裏付けている。

これらの知見は、本教育システムが SRL 能力、特にプランニング能力の向上、学習の各段階における重要能力の強化、そして多様な学習者への効果という点で、優れた効果を発揮したことを強く示唆する。

表 4.2 教育システム実施前後における対象群の MAI スコアの変化

尺度 (項目)	実施前		実施後		実施後-実施前		
	平均	SD	平均	SD	変化量	検定	効果量 d
DK: 宣言的知識	3.77	0.13	4.60	0.38	0.83	**	2.90
PK: 手続きの知識	4.00	1.02	4.65	0.80	0.65	**	0.71
CK: 条件の知識	4.27	0.65	4.82	0.46	0.54	*	0.98
P: プランニング	3.51	0.52	4.49	0.33	0.98	**	2.23
IMS: 情報管理方略	3.82	0.61	4.60	0.53	0.78	**	1.37
M: モニタリング	3.37	0.48	4.17	0.47	0.80	**	1.69
DS: 修正方略	3.98	0.45	4.80	0.23	0.82	**	2.33
E: 学習評価	3.40	0.38	4.20	0.30	0.80	**	2.33
8 下位尺度の平均	3.77	0.41	4.54	0.36	0.78	**	2.02

†p<.1, *p<.05, **p<.01, n.s.:有意差なし

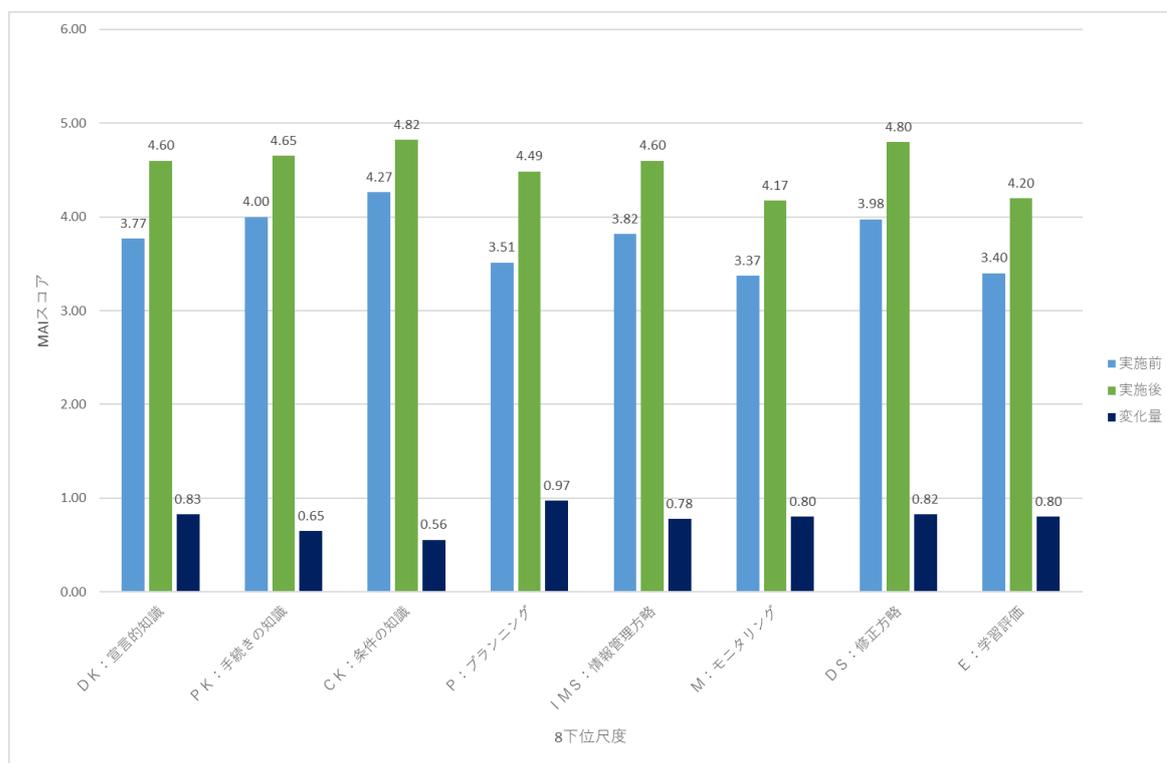


図 4.2 教育システム実施前後における対象群の MAI スコアの変化

表 4.3 教育システム実施前後における比較群の MAI スコアの変化

尺度 (項目)	実施前		実施後		実施後-実施前		
	平均	SD	平均	SD	変化量	検定	効果量 d
DK: 宣言的知識	3.80	0.82	3.94	0.46	0.14	n.s.	0.22
PK: 手続きの知識	3.87	0.87	3.84	0.86	-0.03	n.s.	0.03
CK: 条件の知識	3.86	0.82	4.07	0.55	0.21	n.s.	0.31
P: プランニング	3.54	0.69	3.59	0.85	0.05	n.s.	0.06
IMS: 情報管理方略	3.79	0.84	3.81	0.55	0.02	n.s.	0.02
M: モニタリング	3.66	0.79	3.61	0.64	-0.05	n.s.	0.06
DS: 修正方略	3.99	0.99	4.22	0.45	0.23	n.s.	0.31
E: 学習評価	3.54	0.74	3.55	0.66	0.01	n.s.	0.01
8 下位尺度の平均	3.76	0.75	3.83	0.46	0.07	n.s.	0.12

†p<.1, *p<.05, **p<.01, n.s.:有意差なし

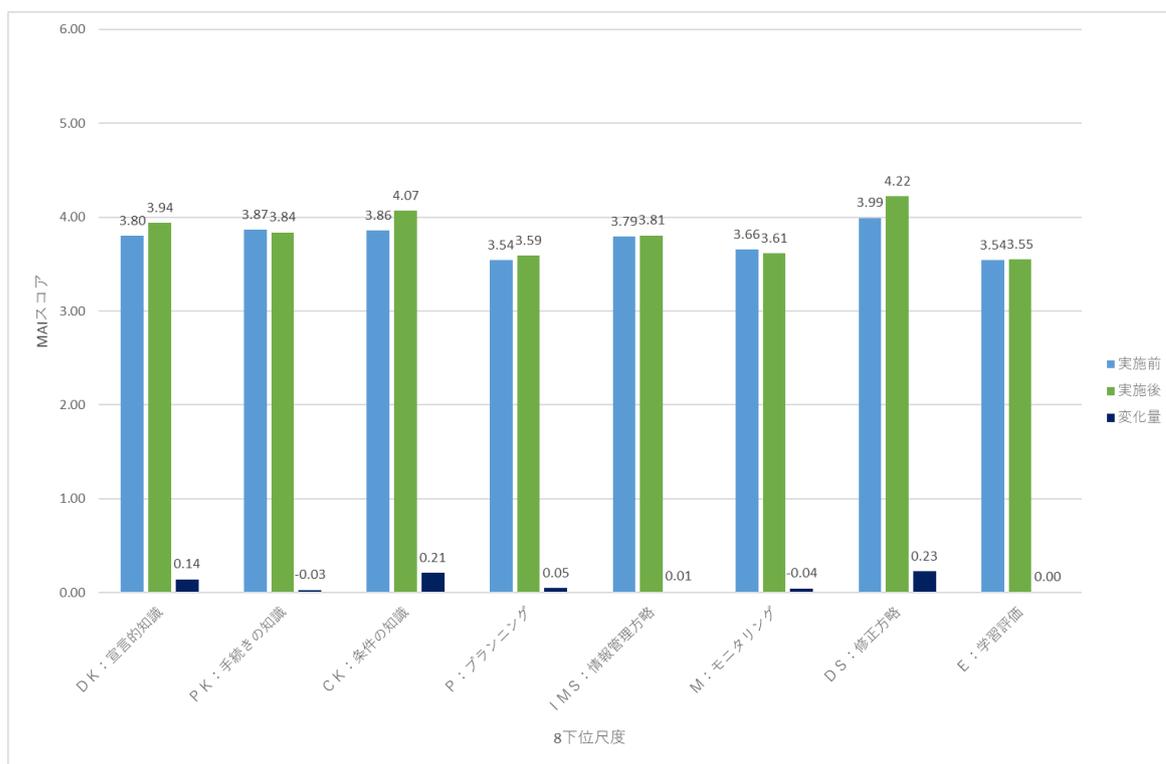


図 4.3 教育システム実施前後における比較群の MAI スコアの変化

表 4.4 教育システム実施後における MAI スコアの比較 (平均値, SD)

尺度 (項目)	MAI スコア				標準偏差 SD		
	対象群	比較群	差 (絶対値)	検定	対象群	比較群	差 (絶対値)
DK : 宣言的知識	4.60	3.94	0.66	**	0.13	0.82	0.69
PK : 手続きの知識	4.65	3.84	0.81	†	1.02	0.87	0.15
CK : 条件の知識	4.82	4.07	0.75	*	0.65	0.82	0.17
P : プランニング	4.49	3.59	0.90	**	0.52	0.69	0.17
IMS : 情報管理方略	4.60	3.81	0.79	**	0.61	0.84	0.23
M : モニタリング	4.17	3.61	0.56	†	0.48	0.79	0.19
DS : 修正方略	4.80	4.22	0.58	*	0.45	0.99	0.54
E : 学習評価	4.20	3.55	0.65	*	0.38	0.74	0.36
8 下位尺度の平均	4.54	3.83	0.71	**	0.41	0.75	0.34

† $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$, n.s.:有意差なし

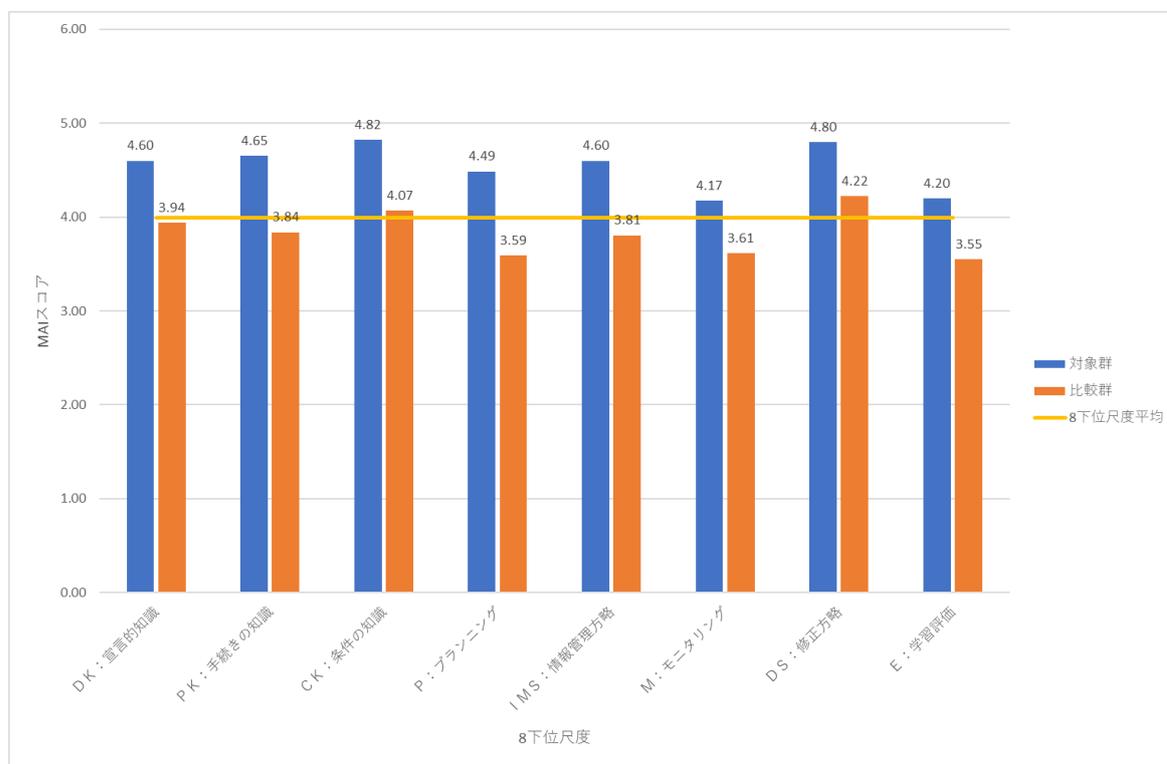


図 4.4 教育システム実施後における MAI スコアの比較 (平均)

4.2. その他の評価

本節では、本教育システムが学生の授業内容の理解度に与えた影響について、簡潔に述べる。詳細なデータは、引用資料を参照されたい。

4.2.1. 筆記試験の評価

対象群と従来の教育システム対象者の授業内容に関する理解度を把握し、本教育システムの効果を検証するため、筆記試験を実施した。その結果、対象群の筆記試験の正答率は、二者択一問題、記述問題、全体のいずれにおいても比較群より有意に高かった（引用資料の表S5）。特に、記述問題での差が大きく、対象群は知識の暗記だけでなく、その概念の深い理解と応用能力が高いことが示唆された。また、対称群は「かなり自信がある」と解答した問題において、高い適合率、再現率、F1スコアを示した。これは、解答に高い確信を持ち、その自信が裏付けされていること、すなわち、深い理解に基づき正確な解答を導き出していることを示唆している。さらに、自信度と正答率の間に中程度の正の相関関係が確認されたことから、対称群は自身の能力を客観的に評価し、効果的な学習方法を選択できていると推察される。これらの結果は、本教育システムが対象群の授業内容に関する理解度を向上させる上で効果的であったことを示唆している。

4.2.2. 実験課題の評価

実験結果に対する教員の評価は、最終評価が81点であり、概ね高評価であった（引用資料の表S6）。特に、重みづけの大きい「性能目標達成度」および「設計の妥当性」において、高い評価を得たことから、学生は構造評価の手法を理解し、性能目標に準拠した適切な設計および検討が実施できていたと推察される。一方で、「ひび割れ発生状況」の評価が低かった点は、学生がRC柱のせん断スパン比が小さいことによる影響を十分理解していなかったことや、教育システム上の課題を示唆している。しかし、破壊モードは想定通りであったことから、構造挙動の理解はできていたと考えられる。全体として、本教育システムは学生のRC柱の設計方法や評価基準に関する理解度を向上させる上で効果的であったことが示唆される。

4.2.3. 実験レポートの評価

対象群の実験レポートの評価は、本教育システム実施後のレポートが以前のレポートと比較して、すべての項目で有意に高い点数を示し、大きな効果量が認められた（引用資料のS7~S9）。特に「考察の深さ」の項目で顕著な上昇が見られ、効果量も大きかったことから、学生の考察を深める能力が大きく向上したと考えられる。これは、教育システムで取り入れた試行錯誤を伴う実験課題や、実験レポートの自己・相互評価が要因として考えられる。また、「データの整理・可視化」や「誤字・脱字」における点数も向上しており、データ提示能力や注意力が高まったことを示唆している。一方で、「データ解析・誤差分析」「考察の深さ」「文書表現」の点数は相対的に低く、統計的分析手法や文書表現に関するさらなる段階的指導が必要であることが示唆された。総じて、本教育システムは学生のレポート作成能力や質を向上させる上で効果的であり、授業内容の深い理解度向上に寄与したと示唆される。

5. 結論

5.1. 総括

本研究では、全国の建築施工システム技術科において、RC柱の実験が十分に実施されていない現状に着目し、その教育的意義と課題を再考した。特に、RC柱の実験が少ない現状に加え、実施されている実験においても学生が主体的に取り組めていないことやRC柱の性能や構造評価手法について学生の理解が十分でないということが課題として明らかとなった。これらの課題を解決するため、主体的にRC柱の設計から構造評価手法までを習得できる、SRLを活用した教育システムを開発し、その効果を検証した。それにより得られた知見を以下に示す。

- (1) 本教育システムを受講した学生は、未受講の学生に比べ、SRL能力が有意に向上し、大きな効果も認められた。これらの結果から、学生は主体的に学習に取り組むことができたと推察される。
- (2) 本教育システムを受講した学生は、筆記試験（基礎や応用力を問われる問題で平均点が76点）、実験課題（性能設計の実践において、その妥当性や性能目標達成度の評価が81点）、実験レポート（データ分析や結果の考察における評価の平均点が75点）のすべてにおいて概ね高評価であった。これらの結果から、学生はRC柱の設計から構造評価までの一連の手法を習得できたと推察される。
- (3) 本教育システムは、学生のSRL能力およびRC柱の設計から構造評価の一連の手法を習得する上で有効であったと推察される。この結果から、本教育システムで活用したSRLは、大学生を対象とした実験カリキュラムにおいても有効であると推察される。

5.2. 今後の課題

本年度は、筆者所属施設 専門課程 建築科の5名を対象に、本教育システムの小規模な運用を実施し、その有効性を検証した。その結果、良好な成果が得られ有効性が示唆された。しかし、対象者が少なかつたため、客観性の点で課題が残った。そこで、より多くの学生を対象に検証を行うことで、教育システムの有効性を一層客観的に評価する必要がある。次年度以降は、本研究で得られた知見に基づき、建築施工システム技術科の25名を対象に、大規模な運用を実施し、本教育システムの有効性を本格的に検証する予定である。

参考文献

- [1] 国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所：「平成 23 年東北地方太平洋沖地震による建築物被害第一次調査」，(2011)。
- [2] 細矢智寛：“日本における自己調整学習研究の動向と課題－教育学を中心に－”，筑波大学人間系教育学域 教育学系論集，Vol.46, No.2, pp.75-88 (2022)。
- [3] 丹治敬之, 横田朋子：“自閉症スペクトラム障害児に対する作文の自己調整方略学習 (SRSD) モデルを用いた小集団介入”，教育心理学研究会，Vol.65, No.4, pp.526-541 (2017)。
- [4] 小八重智史, 兵頭翔：“技術教育における工具操作技能の向上を目指す自己調整学習の実践”，宮崎大学教育学部紀要，Vol.103, pp.45-54 (2024)。
- [5] 文部科学省：「小学校および中学校学習指導要領（平成 29 年告示）」，(2017)。
- [6] 白井俊：「OECD Education2030 プロジェクトが描く教育の未来」，ミネルヴァ書房 (2020)。
- [7] Albert Bandura, “Social Learning Theory”，Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, (1977)。
- [8] Albert Bandura, “Self-efficacy: The exercise of control”，W.H.Freeman, New York (1997)。
- [9] Zimmerman, B. J.: “Attaining of self-regulation: A social cognitive perspective”, In M. Boekaerts, P. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.) , Handbook of self-regulation, Academic Press, San Diego, CA, pp.13-39 (2000)。
- [10] Zimmerman, B. J.: “Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview”, Theory into Practice, Vol.41.No.2, pp.64-70 (2002)。
- [11] Zimmerman, B. J.: “Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance”, In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.) , Handbook of self-regulation of learning and performance, Routledge, pp.49-64 (2011)。
- [12] Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M.: “Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies”, American Educational Research Journal, Vol.23, No.4, pp.614-628 (1986)。
- [13] Harris, K. R., & Graham, S.: “Self-regulated strategy development (SRSD) in writing and mathematics: Effective interventions for all students”, In K. R. Harris, S. Graham, & C. A. MacArthur (Eds.), What works for special learners, Guilford Publications, pp.219-242 (2019)。
- [14] 岡田涼：“日本における自己調整学習とその関連領域における研究動向と展望－学校教育に関する研究を中心に－”，教育心理学年報，Vol.61, pp.151-171 (2022)。
- [15] Hadwin, A. F., Järvelä, S., & Miller, M.: “Self-regulated, co-regulated, and socially shared regulation of learning”, In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.) , Handbook of self-regulation of learning and performance, Routledge, pp.65-84 (2011)。
- [16] Leamson, R.: “Learning (your first job).” Dartmouth MA, (2002)。
- [17] 木村明憲, 渡邊文枝：“レポートに対する自己評価・相互評価・それらの評価結果の分析活動が学習の自己調整に及ぼす影響”，日本教育工学会論文誌，Vol.48, No.3, pp.533-548 (2024)。
- [18] Schraw, G. and Dennison, R. S.: “Assessing Metacognitive Awareness”, Contemp. Educ. Psychol., Vol.19, No.4, pp.460-475 (1994)。
- [19] 丹羽量久, 山地弘起, Bernick, Peter John：“成人用メタ認知尺度の改善と大学初年次学生を対象とした測定”，JSiSE Research Report, Vol.33, No.6, pp.101-108 (2019)。