

修士論文

国立高専モデルコアカリキュラムのための
ロールプレイングゲーム型学習の開発

Development of Role-Playing Game-Based Learning
for KOSEN's Model Core Curriculum

教授システム学専攻 博士前期課程

学籍番号：243-G8801

氏名：大崎 悠河

主指導：マジュンダール リトジット

副指導：喜多 敏博

副指導：久保田 真一郎

提出日：2026年3月31日

目次

修士論文要旨（日本語）	3
修士論文要旨（英語）	4
第1章 序論.....	5
第2章 関連研究と理論的背景.....	7
第3章 フェーズ1：ニーズ分析.....	8
第4章 フェーズ2：教材設計とプロトタイプ実装.....	10
第5章 フェーズ3：形成的評価.....	12
第6章 考察と結論.....	15
参考文献.....	18
付録.....	19

修士論文要旨 (日本語)

題 目

国立高専モデルコアカリキュラムのためのロールプレイングゲーム型学習の開発

要 旨

本研究は、高専モデルコアカリキュラム (MCC) に準拠した学習内容を、教員が比較的低エフォートで設計できるロールプレイングゲーム (RPG) 型補助教材として具体化する方法を検討したものである。対象科目として阿南高専の「数値計算」を取り上げ、栗飯原のシリアスゲーム型学習用教材構築法 (SGLM) を参照しつつ、既存システム調査、授業資料分析、SME インタビュー、および事前アンケート (24名) から設計要求を導出した。設計では、要求定義書、要求分析書、学習方式設計書、外部設計書、内部設計書を作成し、そのうえでガウスの消去法からガウス・ジョルダン法を題材とする単一フロアの試作版を Unity+RPG Maker Unite 上に実装した。試作版では、導入会話、扉の試練、行基本変形をスキルとして選択するターン制戦闘、残差表示、再挑戦支援、脱出イベントまでを一連の流れとして構成した。形成的評価として、まず ID 専門家 1 名が設計文書をレビューした。その結果、学習目標とゲーム行為の整合、残差を小さくする意味の明示、ARCS 分類の再整理、実世界との関連付け強化が主要論点として抽出された。次に学生 2 名による小規模パイロットを行い、事前・事後アンケート、主観評価、プレイログを収集した。2 名とも事後の価値得点は上昇したが、理解への役立ちと操作の分かりやすさの評価は分かれた。さらに、1 名は約 41.7 分プレイして戦闘終了ログを 7 件残した一方、もう 1 名は約 4.1 分の探索中心利用に留まった。以上より、本研究の意義は、MCC に基づく RPG 型教材の有効性を実証した点ではなく、設計・試作・形成的評価を通じて、今後の改善論点を明確化した点にある。

修士論文要旨 (英語)

題 目

Development of Role-Playing Game-Based Learning for KOSEN's Model Core Curriculum.

要 旨

This thesis examines how an RPG-based supplementary learning material can be designed for KOSEN students in alignment with the Model Core Curriculum (MCC) while remaining feasible for teachers to develop with limited effort. The target subject was Numerical Computation at Anan KOSEN. Drawing on Aibara's Serious Game-based Learning Materials method (SGLM), the study derived design requirements from a review of existing support systems, an analysis of course materials, a subject-matter expert interview, and a pre-survey with 24 students. Based on these inputs, a set of design documents was created, and a narrowed prototype was implemented in Unity with RPG Maker Unite. The prototype consisted of a single-floor learning flow including an introductory dialogue, a gate quiz, a turn-based battle exercise for Gaussian elimination and Gauss-Jordan procedures, residual feedback, retry support, and an escape event. Formative evaluation was then conducted in two stages. First, an instructional design expert reviewed the design documents and identified major issues involving the alignment between learning objectives and gameplay, the explanation of residual-based judgment, the categorization of ARCS-based screens, and the connection to real-world relevance. Second, a small pilot with two students collected matched pre/post questionnaires, subjective evaluations, and play logs. Both students showed higher post-use value scores, but their ratings of usefulness and usability differed. One student played for about 41.7 minutes and completed seven battle sessions, whereas the other mainly explored for about 4.1 minutes without a recorded battle completion. The contribution of this thesis is therefore not a causal demonstration of effectiveness, but a documented design, prototyping, and formative evaluation process that clarifies what should be revised in future iterations.

第1章 序論

1.1 研究の背景

高等専門学校（以下、高専）は、中学校卒業後の学生を対象とする5年間一貫教育を通じて、実践的・専門的知識と技術を備えた人材を育成してきた。国立高等専門学校機構が提示するモデルコアカリキュラム（MCC）は、卒業までに学生が身に付けるべき知識・技能、汎用的技能、態度・志向性、総合的学習経験を可視化するための到達目標体系である[1]。一方で、高専学生は一般高校生よりも専門教科や将来の職業との接続を意識した道具的動機づけが強いことが指摘されている[2]。したがって、学習内容の価値や将来とのつながりを実感しやすい学習支援は、高専教育において特に重要である。

現在の高専教育では、Web シラバス、LMS、CBT などの ICT 基盤により、学習目標の提示、教材配布、演習、評価、成績管理は相当程度支援されている。しかし、これらの仕組みは学習者が「なぜこの手順を学ぶのか」「自分の選択がどのような結果を生んだのか」を文脈の中で振り返る体験を直接は支援しにくい。加えて、質保証や認証評価への対応が進むなか、教職員が教材改善に十分な時間を割きにくいという構造的制約もある[14]。このような背景から、本研究では、既存授業と両立しつつ低エフォートに設計可能な RPG 型補助教材の可能性を検討する。

1.2 問題設定

本研究が扱う問題は三つある。第一に、MCC に記述された学習目標を、学習者にとって意味のあるゲーム内経験へどのように翻訳するかという設計上の問題である。第二に、シリアスゲーム開発の経験が乏しい教員や開発者であっても、教授設計理論に基づいて設計根拠を残しながら教材化できるかという方法論上の問題である。第三に、そのように設計された教材が、少なくとも形成的評価の段階で、どのような利用実態と改善課題を示すかという評価上の問題である。

特に、本研究が扱う数値計算の直接法では、操作手順そのものよりも、どの行・列を基準として選ぶか、行の入れ替えが必要か、残差の合計から解の妥当性をどのように判断するかといった「判断理由」が学習上の難所になる。この判断過程を単なる計算練習ではなく、試行錯誤・再挑戦・進捗可視化を伴う経験として設計できるかが、本研究の中核的論点である。

1.3 研究目的と研究課題

本研究の目的は、MCC に準拠した数値計算の学習内容を題材として、教授設計理論とゲーム設計理論を踏まえた RPG 型補助教材「異世界高専（Isekai KOSEN）」を設計・試作し、その設計プロセスと形成的評価結果を整理することで、今後の改良に耐える設計指針を提示することである。本稿では、効果を因果的に検証することではなく、設計・試作・形成的評価の一連の過程を通じて、どのような支援と改善点が明らかになったかを示す。

本研究では次の3つの研究課題（RQ）を設定する。

- ・ RQ1：国立高専 MCC に基づく数値計算の学習内容を、どのように RPG 型教材として構造化できるか。

- ・ RQ2：SGLM を参照した設計文書群に対する ID 専門家レビューから、どのような設計上の論点が明らかになるか。
- ・ RQ3：学生による小規模パイロットから、利用実態、主観評価、動機づけに関してどのような形成的示唆が得られるか。

本研究の全体的な手順と各フェーズにおける主な成果物の関係を図 1-1 に示す。

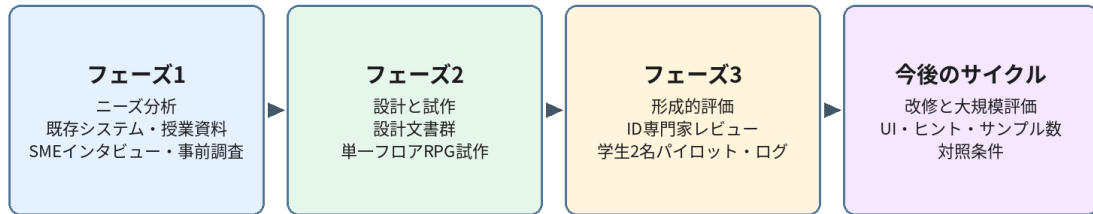


図 1-1 研究手順と成果物の関係

1.4 本論文の構成

第 2 章では、シリアスゲーム、ゲームベース学習、ARCS 動機づけモデル、ガニエの教授事象、ナラティブ、ステルスアセスメントに関する先行研究を整理し、本研究の分析枠組みを示す。第 3 章では、既存システム調査、授業資料分析、SME インタビュー、事前アンケートから構成されるニーズ分析を記述する。第 4 章では、設計文書群とそれに基づくプロトタイプ実装を示す。第 5 章では、ID 専門家レビューと学生 2 名によるパイロット結果を報告する。第 6 章では、研究課題への回答、理論的・実務的含意、限界、今後の課題、成果物とアウトリーチを論じる。

1.5 本研究の貢献

本研究の貢献は次の四点にある。第一に、MCC に基づく学習目標を、要求定義・要求分析・学習方式設計・外部設計・内部設計という文書系列を介して RPG 型教材へ翻訳した点である。第二に、当初構想を単一フロア・単一トピックの試作へ縮約した過程を明示し、設計思想と実装範囲の差異を説明可能にした点である。第三に、ID 専門家レビューと学生パイロットを組み合わせ、実装前後の両段階で設計上の課題を捉える形成的評価枠組みを示した点である。第四に、設計文書群、Unity+RPG Maker Unite 上の試作版、事前・事後質問紙、主観評価、プレイログを組み合わせた成果物を整理し、今後の改良と外部発信へ接続できる形で残した点である。

なお、本研究における学生パイロットは 2 名を対象とした小規模な形成的評価であり、有効性を因果的に実証するための評価ではない。そのため、学生パイロットの結果は、利用実態と改善課題を把握するための資料として扱う。より多くの参加者を対象とし、対照条件および学習成果指標を含む評価は今後の課題である。

第2章 関連研究と理論的背景

2.1 シリアスゲームとゲームベース学習

シリアスゲームは、娯楽を主目的とするゲームとは異なり、学習、訓練、評価などの目的を中心に設計されるゲームである[7]。ゲームベース学習では、ゴール、ルール、フィードバック、自発的参加といったゲームの特徴を学習活動へ導入し、学習者の能動性や継続性を高めることが期待される。STEM 領域を対象としたメタ分析では、デジタル教育ゲームは学習成果や動機づけに中程度以上の効果を持つ可能性が報告されている[8]。一方で、工学教育における活用研究のレビューでは、ゲームメカニクスと学習目標・評価方法との整合不足が継続的な課題として指摘されている[9]。

2.2 教授設計理論と動機づけ設計

本研究では、教材の設計根拠を明示するために、ARCS 動機付けモデル[4]とガニエらの教授設計[5]を主要な理論枠組みとして用いた。ARCS は、学習者の注意 (Attention) , 関連性 (Relevance) , 自信 (Confidence) , 満足感 (Satisfaction) を設計対象として捉える。ガニエの教授事象は、注意喚起、目標提示、前提知識の想起、新しい事項の提示、学習の指針、練習、フィードバック、評価、保持と転移の促進という一連の学習条件を整理する。本研究では、これらを画面・場面・イベント単位の設計要求へ変換し、設計文書上で検証可能な形に落とし込むことを試みた。

2.3 ナラティブ、ゲーミフィケーション、ステルスアセスメント

ゲーミフィケーションは、非ゲーム文脈にゲームデザイン要素を適用する考え方として整理されており[6]、本研究では単なるポイント付与ではなく、目標提示、再挑戦、称賛、進捗可視化といった学習行動を支える設計原理として位置付けた。また、ナラティブは学習内容に意味を与える重要な要素であり、シリアスゲームにおける物語設計は学習内容を文脈化し、没入と関連性を高め得ることが示されている[10]。さらに、学習ゲーム内の行動を学習の証拠として扱うステルスアセスメントの発想[11]は、本研究の最小ログ設計に影響を与えた。加えて、教育学的観点をゲーム設計へ接続するモデルとして MOTENS[13]のような提案もあり、教育理論とゲームメカニクスを橋渡しする設計モデルの必要性が示唆されている。本研究では、「何を選んだか」「再挑戦したか」「どこまで到達したか」を、学習到達の補助的証拠として扱う。

2.4 SGLM と本研究の位置づけ

栗飯原[3]は、ARCS 改良動機付けモデルを含むシリアスゲーム型学習用教材構築法 (SGLM) を提案し、要求定義、要求分析、方式設計、外部設計を通じて、学習動機づけを意識した画面設計を教員でも扱いやすい形で具体化した。本研究はこの SGLM を直接的な設計参照枠として用い、高専 MCC に基づく授業内容を RPG 型教材へ埋め込む試みとして位置づけられる。ただし、本研究の試作は単一フロアの限定的プロトタイプであり、SGLM の全面実装ではなく、設計研究としての部分適用と形成的評価に重点を置く。

第3章 フェーズ1：ニーズ分析

3.1 ニーズ分析の方法

ニーズ分析は、(1) 既存システム調査、(2) 授業資料分析、(3) SME インタビュー、(4) 学生対象事前アンケートの四つを組み合わせで行った。目的は、学習者にとっての動機づけ課題と、教員にとっての設計・運用上の制約を同時に明らかにすることである。分析対象は阿南高専情報コース4年「数値計算」であり、MCCに紐づく学習目標、講義ノート、教科書、演習・課題、既存の学習支援システムを参照した。ニーズ分析に用いた入力源と、そこから抽出した主な観点を表3-1に示す。

表3-1 ニーズ分析に用いた入力源

入力源	内容	抽出した主な観点
既存システム調査	Web シラバス, LMS, CBT/CBD の機能整理	目標提示・練習・評価・フィードバックの不足
授業資料分析	シラバス, 講義ノート, 演習・課題, 試験の読解	つまずきやすい手順と判断理由
SME インタビュー	数値計算担当教員への半構造化聞き取り	授業内で重視する概念, 応用先, 制約
事前アンケート	授業の学習動機と関連意図の把握	価値・コスト・継続意図の基準線

3.2 既存システム調査と授業資料分析

既存システムの整理からは、目標提示、教材配布、演習実施、採点、成績管理は支援されている一方、学習者の意思決定の理由や試行錯誤の履歴を経験として蓄積・提示する機能は限定的であることが確認された。授業資料分析では、数値計算の直接法において、正規化、行の入れ替え、消去そのものよりも、「どこを基準にするか」「なぜその操作を行うか」が理解の難所になっていることが読み取れた。したがって、補助教材には、手順の正誤だけでなく、基準選択と再挑戦を支える可視化と助言が必要であると判断した。

3.3 SME インタビューの要点

SME は、阿南高専で数値計算を担当する教員1名であり、約30年の高専勤務経験を有する。インタビューでは、(a) 数値計算の授業で優先して扱いたい到達目標、(b) 学習者が誤りやすい点、(c) 工学的応用先の語り方、(d) 授業運用上の制約を中心に聞き取った。その結果、直接法の理解を支えるには、単に解を得ることよりも、基準選択や行の入れ替えの必要性を体験的に理解させることが重要であること、また数値計算の価値を語る際には、回路や機械学習など工学的応用との接続が有効であることが示唆された。

3.4 事前アンケート

事前アンケートは、当該授業の履修者を対象に任意参加で実施し、有効回答は24件であった。尺度として、日本語版 Expectancy-Value-Cost Scale[12]を授業文脈に合わせて利用し、加えて学習継続意図(LI)、進路選択意図(CI)、学習回避意図(AI)を測定した。内部一貫性は、期待 $\alpha=0.91$ 、価値 $\alpha=0.93$ 、コスト $\alpha=0.89$ と十分高かった。

表 3-2 事前アンケートの記述統計 (n=24)

尺度	平均	SD	尺度範囲
期待	3.92	1.15	1-6
価値	3.90	1.15	1-6
コスト	3.82	1.33	1-6
学習継続意図	2.79	1.25	1-5
進路選択意図	2.17	1.01	1-5
学習回避意図	3.21	1.19	1-5

表 3-2 に示すように、授業全体に対する期待と価値は中程度、コストも中程度であった。探索的相関では、価値は学習継続意図 ($r=0.53$, $p=0.0077$) および進路選択意図 ($r=0.43$, $p=0.0369$) と正の関連を示し、コストは学習回避意図 ($r=0.43$, $p=0.0352$) と正の関連を示した。多重比較補正は適用していないため探索的結果として扱うが、少なくとも本授業の補助教材では、価値を高め、コストを下げる設計が重要であることが示唆される。事前アンケートにおける主要な探索的相関は表 3-3 に示す。

表 3-3 事前アンケートにおける探索的相関

組み合わせ	r	p
価値-学習継続意図	0.53	0.0077
価値-進路選択意図	0.43	0.0369
コスト-学習回避意図	0.43	0.0352

また、Android 端末の利用状況にはばらつきがあり、手元に端末がある回答者 10 名、エミュレータであれば利用可能な回答者 7 名、利用できない回答者 7 名であった。この結果は、Android 向けプロトタイプを任意利用させる際に、端末可用性そのものが参加ハードルになり得ることを示している。

3.5 ニーズ分析のまとめ

- ・学習者側の主要課題は、直接法の手順そのものより、基準選択・再挑戦・学習価値の理解にある。
- ・設計上は、価値を高める文脈提示と、コストを下げる再挑戦支援を両立する必要がある。
- ・任意参加・授業外利用を前提とするため、短時間でも開始しやすく、中断しやすい教材構造が望ましい。

第4章 フェーズ2：教材設計とプロトタイプ実装

4.1 提案の概要

本研究で提案する「異世界高専（Isekai KOSEN）」は、学習者が異世界に漂流した主人公としてダンジョンを探索し、案内役の助言と自らの選択を通して学習内容を理解していくRPG型補助教材である。当初構想では、授業全体を複数層のダンジョンとして表現し、進捗画面や脱出後クエストまで含むプラットフォーム型教材を想定していた。しかし、本研究の試作では、学習方式設計の段階でスコープを縮小し、単一フロア・単一トピックのプロトタイプとして実装した。本試作版における学習フローを図4-1に示す。

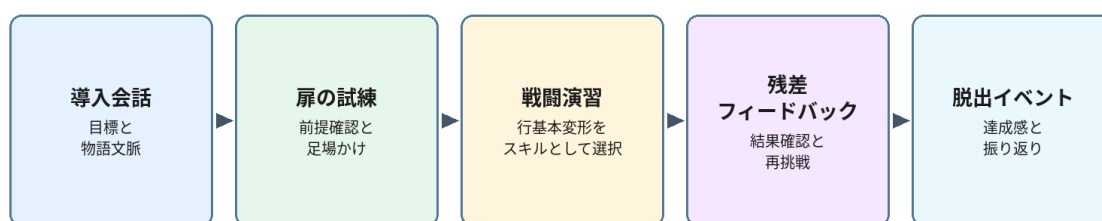


図4-1 試作版における学習フロー

4.2 設計文書と範囲縮小

設計は、要求定義書、要求分析書、学習方式設計書、外部設計書、内部設計書の順に具体化した。要求定義ではARCSに基づく画面要求と学習目標 - ゲーム内目標対応を定義し、要求分析では学習者特性、つまずき、必要な支援を整理した。学習方式設計では、この要求群をトライアル教材として成立する範囲へ再編成し、導入会話→扉の試練→戦闘→3連正解→脱出という一本化した学習フローを決定した。外部設計と内部設計では、現行ゲームデータに出現するセリフ、選択肢、システムメッセージ、イベント手順を補完した。各設計文書の役割と本試作での扱いを表4-1に示す。

表4-1 設計文書群の役割

文書	主な役割	本試作での扱い
要求定義書	ARCSに基づく画面要求とL0/G0対応の定義	作成済み
要求分析書	学習課題・学習者特性・必要支援の整理	作成済み
学習方式設計書	試作範囲の決定と学習ループの再編成	単一フロアに縮小
外部設計書	セリフ・選択肢・ルールを場面単位で記述	現行実装のセリフを補完
内部設計書	ゲームデータ自動生成を見据えた逐次イベント定義	JSON生成可能性を意識して整備

4.3 数値計算を題材としたプロトタイプ

試作版が扱うのは、数値計算のうち連立一次方程式の直接法である。導入会話では、三つの未知数、回路、アーツとしての数値解析が説明される。扉の試練では、正規化、消去、行の入れ替え、アーツ使用の意味を4問で確認し、正答しない限り戦闘へ進めない。戦闘では、GE：正規化、GE：行入れ替え、GE：消去、GE：初期化（復元）、相談：案内役に聞く、の5つを主要機能として実装した。現在の試作が最も直接に扱っているのは、L05に相当する直接法の手続き的理解である。これに対して、L01・L02に対応づけた近似値・誤差・誤差評価の理解は、残

差表示やピボット選択を通じて触れてはいるものの、本試作だけで十分に達成・評価できているとは言えない。

学習者は拡大行列の状態表示を参照しながら、どの行・列を基準にするかを逐次選択する。row1=100, row2=010, row3=001 のように対角が整うと、対応する未知数モンスターが崩れる演出を入れ、数学的進捗と戦闘上の進捗を重ね合わせた。戦闘終了時には近似解と残差を表示し、残差の合計が許容範囲外であれば初期化して再挑戦へ戻す。この設計は、正答のみを問うのではなく、「基準選択→実行→結果確認→やり直し」という数値解析的な試行錯誤を体験させることを狙っている。

4.4 学習行為と理論の対応

プロトタイプ的主要場面と、それぞれが担う役割および関係する理論を表 4-2 に示す。

表 4-2 プロトタイプ主要場面と理論の対応

場面	主な役割	関係する理論
導入会話	注意喚起・目標提示	ARCS の A/R, 教授事象 1-2
扉の試練	前提確認・練習前の足場架け	教授事象 3-6
戦闘中の状態表示・相談	学習指針と自己調整支援	ARCS の C, 教授事象 5-7
残差表示と再挑戦	フィードバックと再挑戦支援	ARCS の C/S, 教授事象 7-8
階段出現と脱出会話	達成感と学習価値の回収	ARCS の R/S, 教授事象 9

ただし、IDer レビューでも指摘されたように、現行試作では残差を小さくする意味や、学習内容と実世界との接続を十分に説明し切れていない。したがって、本試作は完成版教材ではなく、学習目標とゲームメカニクスの対応を検証するための形成的試作品として位置づける。

第5章 フェーズ3：形成的評価

5.1 ID 専門家レビュー

設計文書に対するレビューは、数学教材研究の経験を持つ ID 専門家 1 名に依頼し、理論対応ルーブリックを用いて形成的評価として実施した。対象は要求定義書、要求分析書、学習方式設計書、外部設計書を中心とする設計文書群である。ただし、レビュー時には時間制約があり、内部設計書 Excel は通読に留まったため、指摘の中心は要求定義～外部設計の記述から読み取れる範囲に基づいている。

レビューコメントは、個別の画面要求に対する詳細指摘と、全体設計に対する総括コメントに分けて整理した。分析では、コメントを「学習目標との整合」「ゲーム行為との整合」「動機づけ理論の適用」「実世界との関連」「反復利用への適性」の五つのテーマに分類した。ID 専門家レビューから抽出された主要論点を表 5-1 に示す。

表 5-1 ID 専門家レビューで抽出された主要論点

論点	主な指摘内容	本研究における含意
学習目標と訓練内容のずれ	L01/L02/L05 の記述が知識目標と技能目標の間で混在している	本試作の主対象を直接法の手続き理解へ明確化する必要がある
残差を小さくする意味の説明不足	学習者が何を根拠に残差を減らすのか文書から読み取りにくい	残差・ピボット選択・相談の関係を教材内で明示する必要がある
ARCS 分類の妥当性	一部画面は Attention より Confidence/Relevance に近い可能性がある	画面要求の再分類と説明責任の向上が必要である
実世界との関連性の弱さ	ダンジョン脱出だけでは将来との接続が弱く、回路など現実課題との橋渡しが必要	導入や脱出会話における価値説明を強化する必要がある
脱出ゲーム構造と技能習熟の緊張	一回のクリアで終わる構造は技能の反復練習には向きにくい	知識獲得用試作と反復練習用教材を分けて設計する必要がある

レビューの意義は、単に高得点を目指すことではなく、理論と実装の間でどこに説明不足や設計上の飛躍があるかを可視化した点にある。特に、残差表示を単なる勝敗条件ではなく学習の手掛かりとして理解させる設計、および「連立一次方程式を解くこと」が将来の工学的課題とどう結びつくのかを示す設計は、今後の改良項目として重要である。

5.2 学生による小規模パイロット

学生パイロットは、当該授業の履修者から任意参加を募り、学習アプリを実際に利用した 2 名を対象として実施した。両名は事前アンケート時に照合名を記入しており、事後アンケート、アプリのユーザ情報、プレイログをこの ID で突き合わせた。本評価は、実施時期と参加条件の制約により、対照群、試験素点の前後比較、十分なサンプルサイズを伴うものではない。したがって、本研究ではこの 2 名のデータを有効性の検証には用いず、利用実態、主観的反応、離脱位置、改善課題を把握するための形成的評価として扱う。ここで、形成的評価において用いたデータの対応関係を図 5-1 に示す。

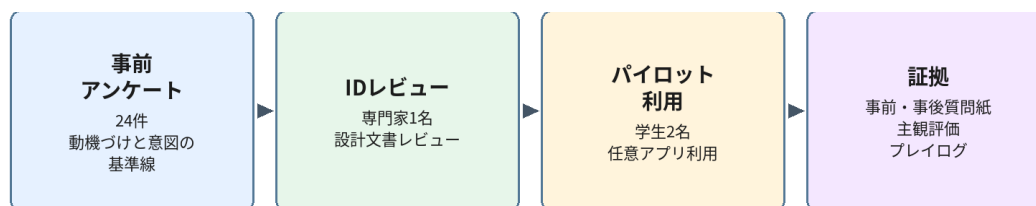


図 5-1 形成的評価に用いたデータ構造

5.2.1 実施手順・匿名化・分析方針

事前アンケートは2026年1月20日に実施し、その後、2026年3月28日から31日にかけてアプリの任意利用を行った。事後アンケートではEVC項目と意図項目に加え、楽しさ、没入、理解への役立ち、操作の分かりやすさ、利用負担感、継続利用意図、他者推奨意図を尋ねた。プレイログはクラウド保存されたアプリデータから抽出した。

5.2.2 利用ログの結果

表 5-2 学生2名のプレイログ概要

参加者	総ログ件数	マップ移動ログ件数	戦闘終了ログ件数	プレイ時間(分)	最終レベル	最終経験値	最終コイン数
学生1	10	3	7	41.7	2	30	2235
学生2	3	3	0	4.1	1	0	0

表 5-2 に示すように、学生1は約41.7分プレイし、戦闘終了ログを7件記録し、最終Levelは2に到達した。これに対して学生2は約4.1分の利用で、マップ移動ログのみが記録され、戦闘終了ログは確認されなかった。すなわち、同じ「利用した」という自己報告でも、実際の到達度には大きな差があった。最小ログであっても、到達度と離脱位置の概形を把握できることが確認できた点は、本試作のログ設計の有用性を示している。

5.2.3 事前・事後質問紙の結果

表 5-3 学生2名のアンケート結果の変化

参加者	事前期待	事後期待	Δ期待	事前価値	事後価値	Δ価値	事前コスト	事後コスト	Δコスト	事前回避意図	事後回避意図	Δ回避意図
学生1	2.00	2.67	0.67	2.33	3.67	1.33	4.75	4.00	-0.75	4.00	2.50	-1.50
学生2	3.67	3.67	0.00	4.67	6.00	1.33	3.25	4.25	1.00	3.00	2.00	-1.00

表 5-3 に示すように、両参加者とも事後の価値得点は上昇した（学生1：+1.33、学生2：+1.33）。学生1では期待の上昇（+0.67）とコストの低下（-0.75）がみられた。学生2では期待は変化せず、価値が上昇した一方で、コストも上昇（+1.00）した。このことから、短時間の試用であっても「学ぶ価値」を感じさせる可能性はあるが、操作や理解の負荷をどう経験するかは参加者により大きく異なることが分かる。

5.2.4 主観評価と自由記述

表 5-4 事後アンケートにおける主観評価（5件法）

参加者	楽しさ	没入	理解への役立ち	操作の分かりやすさ	利用負担感	継続利用意図	他者推奨意図
学生1	4	2	4	2	2	3	2
学生2	5	3	2	4	2	3	3

表 5-4 に示すように、主観評価では、楽しさは両名とも肯定的であった（4, 5）。一方、理解への役成ちは4と2、操作の分かりやすさは2と4で分かれた。利用負担感はいずれも2であり、「使うこと自体が重い」とは感じていない。自由記述では、良かった点として「1回の戦闘がすぐ終わるため隙間時間にできる」「ゲームとしての完成度の高さに驚いた」といったコメントが得られた。改善点としては「敵のバリエーションが少ない」「問題を常に表示させるべ

き」という指摘があり、短時間で再開しやすい設計と、現在扱っている数式・問題文を画面上で見失わない設計の両方が重要であることが示唆された。

5.2.5 形成的評価としての解釈

学生パイロットは2名を対象とした形成的評価であり、対照群や試験素点を伴わないため、学習効果の検証には用いられない。一方で、学生1では比較的長い継続利用と価値上昇がみられ、学生2では短時間利用にとどまりながらも価値得点は上昇し、理解への役立ちは低く評価された。したがって、本評価から読み取れるのは、効果の有無ではなく、「どの程度使われたか」「どの場面まで到達したか」「価値や負担がどのように経験されたか」という形成的情報である。

とくに、問題文や現在の数式を常時参照できるUI、残差を小さくする理由を明示するヒント、再開しやすい短い学習単位の設計が、次の改良優先項目として示唆される。以上より、学生2名の結果は効果の一般化ではなく、次版の設計改善に必要な観察結果として位置づける。

第6章 考察と結論

6.1 研究課題への回答

RQ1 に対しては、MCC に紐づく授業目標を、要求定義→要求分析→学習方式設計→外部設計→内部設計という文書系列を通じて、RPG 型教材の目標・ルール・フィードバックへ翻訳できることが示された。ただし、全面的なプラットフォーム化ではなく、単一フロア・単トピックへ縮約する判断が必要であった。また、現在の試作が直接に扱う中心目標は、連立一次方程式の直接法に関する手続き的理解であり、近似値や誤差評価に関する広い目標は、今後の教材拡張でより明示的に扱う必要がある。

RQ2 に対しては、ID 専門家レビューから、(a) 知識目標と技能目標の明確な切り分け、(b) 残差や悪いピボットの意味を説明する支援、(c) ARCS 分類の再整理、(d) 実世界との関連の明示、(e) 反復練習に適したゲーム構造の再検討、が重要な設計課題として抽出された。レビューは実装の是非を一括評価するものではなく、設計文書上でどこに説明不足や飛躍があるかを可視化した点に意義があった。

RQ3 に対しては、学生2名のパイロットから、価値知覚の上昇や短時間利用への適性といった可能性がみられる一方、理解への役立ちや操作の分かりやすさにはばらつきがあり、プロトタイプの実用性は一律ではないことが分かった。したがって、本研究は「効果があった」と結論づける段階ではなく、「どこを改善すべきか」を明らかにする形成的評価段階にある。

6.2 理論的含意

理論的には、SGLM[3]を参照してARCS[4]と教授設計[5]を画面・場面単位へ翻訳する試みを、高専MCCに結び付けて具体化した点に意義がある。また、ナラティブ[10]とステルスアセスメント[11]の観点を取り入れることで、物語とログを学習支援の設計要素として位置付け直した。一方で、今回のレビュー結果は、理論を画面名に対応付けるだけでは不十分であり、学習者がどのような認知過程を通してその画面を経験するのかまで記述する必要があることを示している。

6.3 実務的含意

実務的には、既存授業資料と生成AI支援を組み合わせた下書き作成により、設計文書の作成負担を下げつつ、ID専門家レビューで検証可能な形に整理できることが示された。これは、教材開発の時間を確保しにくい高専教育現場において、完全な新規開発ではなく『既存授業資産の再構成』としてRPG型教材を試作する上で有効である。また、実装を直ちに改修できない場合でも、設計文書側で目標・ルール・評価観点の不整合を先に明示化できるため、次の改善サイクルの足場になる。加えて、最小ログでも利用時間や戦闘到達の差異を把握できるため、次の改良サイクルに向けたデータ収集基盤として機能する。

6.4 限界

本研究には以下の限界がある。

- ・学生パイロットは2名のみであり，対照群・試験素点・長期追跡を伴わない。そのため，学習効果や動機づけ効果を統計的または因果的に検証することはできない。
- ・ID 専門家レビューは1名であり，時間制約のため内部設計書 Excel の精査は限定的であった。
- ・現行試作は単一フロア・単一トピックであり，もともとの多層構想や脱出後クエストは未実装である。
- ・ログは最小構成であり，どの場面で何を理解し，どこでつまづいたかを十分に再構成できない。

以上の理由から，本研究の結論はRPG型教材の有効性の実証ではなく，MCCに基づくRPG型教材をどのように設計し，どのような観点で改良すべきかを明らかにする形成的な設計研究として解釈する必要がある。

6.5 今後の課題

本研究期間内には，ID 専門家レビューを踏まえた実装改修までは行えていない。したがって，以下の課題は実装改善と再評価を結び付けるための優先項目として位置づけられる。

- ・残差を小さくする理由と基準選択の意味を，戦闘中に明示する説明・ヒントの追加。
- ・「問題を常に表示させるべき」という学生コメントを踏まえたUI改善。
- ・知識獲得を目的とする一回性のゲームと，技能習熟を目的とする反復練習ゲームの分離設計。
- ・対照群と学習成果指標を含む，より大きなサンプルでの評価研究。
- ・MCCの他トピックへの展開と，教材作成支援プラットフォームとしての一般化。

6.6 成果物とアウトリーチ

本研究の主な成果物は，(1)MCCに基づく数値計算学習内容をRPG型教材へ翻訳するための設計文書群，(2)Unity+RPG Maker Unite上で動作する単一フロアの試作版，(3)ID 専門家レビューに基づく設計上の改善論点，(4)学生2名の小規模パイロットから得られた利用ログ，事前・事後質問紙，主観評価，である。これらは，完成版教材の有効性を証明するものではなく，次の設計改良とより厳密な評価研究へ接続するための成果物である。

本研究に関連する成果は，研究発表および外部発信にも接続している。SCCのMCCへの適用可能性については，The 2nd Kosen Research International Symposium (KRIS2025)において口頭発表を行った。また，高専モデルコアカリキュラムを活用したRPG型教材プラットフォームの開発について，日本教育工学会 2025年秋季全国大会でポスター発表を行った。さらに，RPG型教材プラットフォームの概念化について，International Conference on Technology 4 Education (T4E 2025)で口頭発表を行い，査読付きショートペーパーとしてプロシーディングスに収録される予定である。

このように，本研究は修士論文内の設計・試作・形成的評価に留まらず，MCCに基づくRPG型教材設計を，国内外の研究コミュニティへ共有するための基盤を形成した。本研究の成果物とアウトリーチの関係を図6-1に示す。

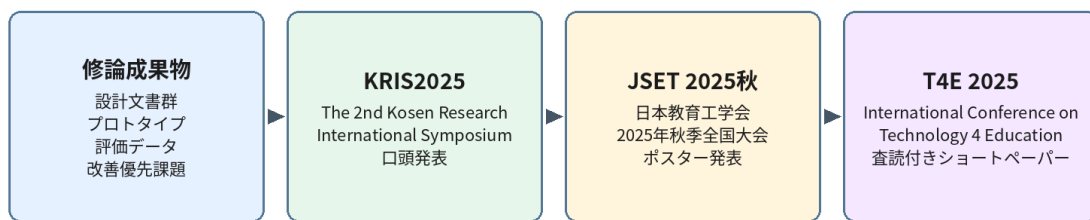


図 6-1 本研究の成果物とアウトリーチ

6.7 結論

本研究は、国立高専 MCC に基づく数値計算の学習内容を、RPG 型補助教材として設計・試作し、その設計文書と形成的評価結果を整理した。成果は、有効性の実証ではなく、MCC 準拠の RPG 型教材をどのような文書系列で構築し、どのような観点で改善していくべきかを具体化した点にある。今後は、本研究で得られた設計論点を踏まえてプロトタイプを改良し、より厳密な評価へ接続することが求められる。

参考文献

- [1] 国立高等専門学校機構 (n.d.) . モデルコアカリキュラム. https://www.kosen-k.go.jp/nationwide/main_super_kosen
- [2] 秦泉寺 俊弘 (2012) . 高専学生の特性を捉えた関数指導法に関する研究—専門科目を取り入れた微分授業の有効性の検討—. 数学教育学会誌, 53(1・2), 25–37.
- [3] 栗飯原 萌 (2017) . 学習を目的としたシリアスゲームの構築法に関する研究. 日本大学博士学位論文. <https://doi.org/10.15006/32665A5281>
- [4] Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10. <https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- [5] Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., Keller, J. M., & Russell, J. D. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth/Thomson Learning.
- [6] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. E. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [7] Ávila-Pesántez, D., Rivera, L. A., & Alban, M. S. (2017). Approaches for serious game design: A systematic literature review. *Computers in Education Journal*, 8(3), 1–11.
- [8] Gui, Y., Cai, Z., Yang, Y., Kong, L., Fan, X., & Tai, R. H. (2023). Effectiveness of digital educational game and game design in STEM learning: A meta-analytic review. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 36. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00424-9>
- [9] Udeozor, C., Toyoda, R., Russo Abegão, F., & Glassey, J. (2023). Digital games in engineering education: Systematic review and future trends. *European Journal of Engineering Education*, 48(2), 321–339. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2093168>
- [10] Naul, E., & Liu, M. (2020). Why story matters: A review of narrative in serious games. *Journal of Educational Computing Research*, 58(3), 687–707. <https://doi.org/10.1177/0735633119859904>
- [11] Shute, V. J., & Ventura, M. (2013). *Stealth assessment: Measuring and supporting learning in video games*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9589.001.0001>
- [12] 三和 秀平・解良 優基 (2025) . 日本語版 Expectancy-Value-Cost Scale の作成. *心理学研究*, 95(6), 402–410. <https://doi.org/10.4992/jjpsy.95.23219>
- [13] Hart, S., Halak, B., & Sassone, V. (2021). MOTENS: A pedagogical design model for serious cyber games. arXiv:2110.11765. <https://arxiv.org/abs/2110.11765>
- [14] 文部科学省 (2025) . 認証評価制度に係るヒアリング 国立高等専門学校機構提出資料. https://www.mext.go.jp/content/20250609-mxt_koutou02-000043017_08.pdf

付録

付録 A SME インタビュー全文

質問	回答	質問文の出典
<p>1. 授業目標と学習成果・正式な授業目標と期待される到達成果は何ですか?・特に評価されるべき主要な概念・スキル・能力は?</p>	<p>誤差を理解し、誤差の評価計算ができるとともに、非線形現象の数値解法を提案できる。また、大規模な線形システムの計算アルゴリズムを構築できる。 特に評価されるべき概念は数値モデルであり、具備すべき能力はコンピューティングを前提にした数理モデリング能力である。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>2. 内容範囲と教材・シラバス/教科書/講義ノートの中で、どの章やセクションがどの目的に対応していますか?・特に重点を置くべきトピックはありますか?</p>	<p>誤差を理解し、誤差の評価計算ができるとともに (2 週)、非線形現象の数値解法を提案できる (3、4 週)。また、大規模な線形システムの計算アルゴリズムを構築できる (5~7 週)。 評価されるべき概念は数値モデルであり (全週)、具備すべき能力はコンピューティングを前提にした数理モデリング能力である (14 週)。 特に重点を置く: 反復法を理解し、説明できる (6 週)。補間法を理解し、説明できる (11 週)。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>3. 評価および成果の証明方法・過去にどのような試験問題や課題形式が用いられましたか?・学習到達を示す証拠 (テスト、プロジェクトなど) は?</p>	<p>課題プリントを毎週作成し、配布。類似問題が試験問題となる。 学習到達を示す証拠はテスト。プロジェクトとしてはゼミ、ケーススタディがあるが、授業としてはできておらず情報コースでのみ実施している。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>4. 対象学習者の特性と前提知識・学習者に必要な前提知識やバックグラウンドは?・よくある誤解やつまづきはありますか?</p>	<p>数学 (級数展開、連立方程式、固有値問題、多変数関数の極値、微分方程式)、プログラミングを前提知識として求める。 よくある誤解は計算結果として正解が出てくると思ってしまう。よくあるつまづきは数学的知識が足りないこと。</p>	<p>Hart et al., 2021</p>

<p>5. 教育理論および教育戦略・授業ではどのような教育アプローチ（例：構成主義、経験学習）を想定していますか？・授業内でどのような学習活動（ディスカッション、演習など）が行われますか？</p>	<p>教育アプローチは経験学習測に基づく。演習プリントを提供し関数電数で冒頭部分の演習を行う。続きは自宅学習で行っている。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>6. フィードバックと適応性・授業ではどのようにフィードバックを提供していますか（例：形成的クイズ）？・学習者のレベルに応じた柔軟な対応は行われていますか？</p>	<p>授業の冒頭 10 分は振り返りの時間。覚えているかどうかを挙手で学生に確認している。演習プリントはループリックを備え、自己確認を毎回させている。演習プリントの質問欄で寄せられた質問に授業外で回答を用意して答えている。</p>	<p>Hart et al., 2021; Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>7. ゲームとの整合性およびメカニクス・授業内容を反映するゲーム的インタラクションはどのような形式が考えられますか？・分岐シナリオ、パズル、クイズ形式のどれが最も合致しますか？</p>	<p>授業内容を反映するゲーム的インタラクションは分岐シナリオが望ましい。独善的でもいいので自分のストーリーが進行すること。散発的なクイズになると学習目標に沿わない。学習者の選択によってパーソナルラーニングヒストリーがゲーム内で紡がれることが望まれる。</p>	<p>Hart et al., 2021</p>
<p>8. ゲームの評価基準・ゲームの成果を授業目標に照らしてどのように評価すべきでしょうか？・精度、所要時間、意思決定経路など、どの指標が使用できますか？</p>	<p>ゲームの成果は意思決定経路、試行錯誤の回数で評価すべき。所要時間は短い方がいい（活動量の刺激があるコンテンツにする）。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
<p>9. 現実的制約とリソース・制限（時間、使用可能な技術プラットフォームなど）は何ですか？・既存の教材データ（スライド、図版など）は利用可能ですか？</p>	<p>授業では関数電卓のみで演習。ゲーム形式のコンテンツだと 2 週間以内に終わるもの。教材データとしては、演習プリントは利用可。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>

<p>10. 評価と反復計画・プロトタイプ の形成的テストの機会 はありますか？・同僚 や担当教員からのフィ ードバックを得て試行 できますか？</p>	<p>学生の声掛けに協力可能。完成したものについては担当教員から再度フィードバックする。</p>	<p>Ávila-Pesántez et al., 2017</p>
--	--	------------------------------------

付録B 事前アンケート項目

【EVC 尺度（6 件法：1=まったくあてはまらない，6=とてもあてはまる）】

期待：E1 私は数値計算の授業で習う知識を身に着けることができる。

E2 私は数値計算の授業において成功を得ることができると思っています。

E3 私は数値計算の授業で習う内容を理解できる自信がある。

価値：V1 数値計算の授業で習う内容は，私にとって大切だと思う。

V2 数値計算の授業で習う内容は，価値のあるものだと思う。

V3 数値計算の授業で習う内容は，役立つと思う。

コスト：C1 数値計算の勉強には，あまりに多くの時間がかかる。

C2 他にやることがあるため，数値計算の勉強にあまり時間をかけられない。

C3 数値計算の授業で習った内容をよく理解するために，十分な時間をかけることができない。

C4 数値計算の勉強が得意になるためには，他の多くのことをあきらめないといけない。

【意図項目（5 件法：1=まったくそう思わない，5=とてもそう思う）】

LI これから先，数値計算に関係することをもっと勉強したい。

CI 私は，数値計算に関係する職業を選びたい。

AI1 私は，数値計算の授業を受けなくても済めば良かったのと思う。

AI2 私は，数値計算の授業が終わるのが待ち遠しい。

付録C 事後アンケート項目（アプリ教材評価）

【回答方法】以下はアプリ教材について回答する（5 件法：1=まったくそう思わない，5=とてもそう思う）。

Q1 楽しさ：この学習アプリ教材は学習として楽しいと感じた。

Q2 没入：この学習アプリ教材に取り組んでいると時間を忘れることがあった。

Q3 理解への役立ち：この学習アプリ教材は数値計算の理解に役立った。

Q4 操作の分かりやすさ：この学習アプリ教材は操作が分かりやすかった。

Q5 利用負担感：この学習アプリ教材を使うこと自体は負担に感じた（操作・進行・手間など）。

Q6 継続利用意図：授業が終わった後も，この学習アプリ教材を使い続けたい。

Q7 他者推奨意図：この学習アプリ教材を同級生や後輩に勧めたい。

自由記述：良かった点，改善点，印象的だった内容。