PBL経験の有無に着目したLLMを用いたPBLシミュレータの有用性評価

留目 健太　伊藤 恵

PBL は実践的な学習手法として普及しているが，チームでの活動経験の浅い学生が PBL においてプロジェクトマネジメントを担うことは容易でなく，プロジェクトマネジメントについて学習する講義で得た知識を PBL で活用するには座学と実践の間にギャップがある．本研究ではその座学と実践の橋渡しとして，PBL におけるプロジェクトマネージャの役割を疑似体験できる PBL シミュレータを提案する．提案するシミュレータは，LLM を用いて PBL のシチュエーションや仮想メンバの情報を提示し，学習者の回答内容に応じて次の場面へと分岐・進行する PBL のシミュレーション体験を実現する．PBL シミュレータを作成し，PBL 経験者と未経験者それぞれを対象とし，PBL シミュレータの有用性を調査した．本論文では，PBL 経験者と未経験者を比較しながらシミュレータの有用性を調査した結果を報告する．

1　はじめに

PBL(Project Based Learning) は 21 世紀型スキルの育成と ICT 活用を伴う実践的な教育手法へと発展している．Bell [1] は，PBL が批判的思考や創造性，協働性の育成に有効であると述べている．ソフトウェア工学教育においても，PBL は実社会で求められるソフトスキルを包括的に習得させるための有効な教育手法であるとされ，Pérez らの研究では，PBL は，学生が主体となって具体的な課題に取り組むというアプローチにより，技術的知識の定着にとどまらず，実社会で求められる実践的な横断的スキルを効果的に育成することが実証されている [4]．日本では文部科学省 [10] が主体的かつ対話的で深い学びを推進する中で，PBL はアクティブラーニングの主要な手法とされ，教育現場における普及が加速している．enPiT の調査 [2] によると，PBL のような実践教育科目は増加傾向にある．このように PBL の有効性が認められ，教育機関で広く導入がされている実態にある．

また，現代のコンピューティング教育においてシステムが内部でどのように機能するかという成果物側の視点だけでなく，開発者がどのようにしてその解決策に到達したかという模索のプロセスを指導することが極めて重要であると指摘している．つまり，ソフトウェア開発 PBL の教育効果は単に要求を満たした成果物を完成させることだけにあるのではなく，むしろ，そこに至るまでの課題解決のプロセスにこ重要な学びが存在するといえる．

PBL の取り組みが増えたことで実施形態も様々になっている．Thomas は PBL をプロジェクトを中心に学習を構成するモデルであり，プロジェクトとは，挑戦的な問いや問題に基づいた複雑な課題に対して，学生が設計，問題解決，意思決定，あるいは調査活動に参加し，比較的自律的かつ長期間にわたって取り組む機会を与えられ，最終的に現実的な成果物や発表へと結びつくものであると定義している [5]．本研究における PBL とは Thomas [5] の定義に基づき，学生がプロジェクトマネジメントまで行い，課題解決を行っていく学習活動とする．

しかし，PBL やマネジメント経験の少ない学習者がプロジェクトマネジメントを行いながら PBL を推進することは容易ではない．本庄 [11] は，PBL のよ

Evaluation of the Usefulness of a PBL Simulator Using an LLM That Focuses on Prior PBL Experience

Kenta Todome　Kei Ito, 公立はこだて未来大学大学院, Future University Hakodate.

うな産学連携や時間外，教室外の活動を取り込む高次のアクティブラーニングは運営難易度も高く，必ずしも上手くいっているとは言い難く，その背景にはプロジェクトマネジメントと進行そのものに難しさがあると考察している．つまり，PBL のような実践の場で何の支援もなしにプロジェクトマネジメントを実践することは容易ではない．講義のような座学の場でプロジェクトマネジメントに関する知識を事前に学んだとしても，知識と実践のギャップから，実際の PBL で学んだ知識を実践するのは容易ではなく，初めて PBL に取り組む学生にとっては実践経験がないことが，PBL でプロジェクトマネジメントを行うことの大きな障壁となり得る．ここで本研究が対象とする座学というのは，PMBOK に準拠したプロジェクトマネジメント教育を想定する．このような講義では，プロジェクトの立ち上げ，計画，実行，監視・コントロール，終結といったプロセス群や，スコープ，スケジュール，コスト，品質，リスク，ステークホルダーなどの主要な知識エリアについて学習し，各知識エリアにおける代表的な手法やツール，概念的な枠組みの理解が重視される．これらの座学では，プロジェクトマネジメントに関する基礎的な知識を習得できる一方，学習者がプロジェクトマネージャーの立場で意思決定を行い，その結果としてプロジェクトの状況が変化していく過程を個人で体験するという学習はできない．特にプロジェクトは不確実性が多いとも言われており，座学で学んだことを実践するのは容易ではなく，座学で学んだ知識と PBL における実践的なプロジェクトマネジメントとの間にはギャップが生じやすいといえる．

本研究では，講義でのプロジェクトマネジメントの知識習得と PBL での実践の間に PBL のプロジェクトマネジメントを疑似体験をすることで，講義で知識を学習し，プロジェクトマネジメントの疑似体験を行った後に本番の PBL を実践するという新たな学習プロセスを提案する．本研究では，PBL のプロジェクトマネジメントを疑似体験する仕組みを PBL シミュレータと定義する．提案する学習プロセスにより，知識と実践の間にシミュレータを用いて橋渡しを行い，PBL での初期の失敗を軽減することを目指す（図 1）．

そこで本研究では，PBL 未経験者がプロジェクトマネジメントまでを含めた PBL を円滑に進行できることを目指し，仮想的にプロジェクトマネジメントを体験する学習機会を提供することを目的とする．その手法として，LLM を活用した PBL シミュレータを提案する．提案するシミュレータを用いて，PBL におけるプロジェクトマネージャーの役割を個人学習として疑似体験できる仕組みを構築し，シミュレータがどのような効果をもたらすのか，その有用性を検討する．本稿では PBL 経験者と未経験者の双方を対象とした実験を行い，その結果や考察について述べる．

2 関連研究

本研究に関連する研究事例として，PBL の自習教材開発と教育試行に関する研究，およびプロジェクトマネジメントスキル向上のためのシナリオ教材を用いた教育の取り組みを取り上げる．これらの関連研究は本研究で課題と位置づけている PBL での実践までのギャップを埋めるような取り組みと捉えることができる．

2.1 チーム開発を個人学習で学ぶ自習教材の開発と教育試行

伊藤ら [6] は，ソフトウェア開発 PBL では 1 度の実施で習得できる内容に限りがあるため，複数回にわたり PBL を経験するべきであると考えられるが，教育期間の制約から複数 PBL の受講が難しいという課題を指摘している．そこで本番 PBL の事前学習となるプレ PBL やミニ PBL の代替として，個人学習でチーム開発の流れや基本スキルを学べる自習教材を開発し，その有効性を検証した．教材は Web アプリケーション開発を題材とし，タスク登録・更新，適切なコミットとメッセージ記述など，タスク管理およびバージョン管理の習得を目的としている．これは，プログラミング経験のある学習者であっても，初めてのチーム開発ではこれらが進行の大きな障害となりやすいためである．14 名を対象としたアンケートから，想定した学習項目は一通り習得されており，ツールの使い方や開発前の練習として一定の意義が示され

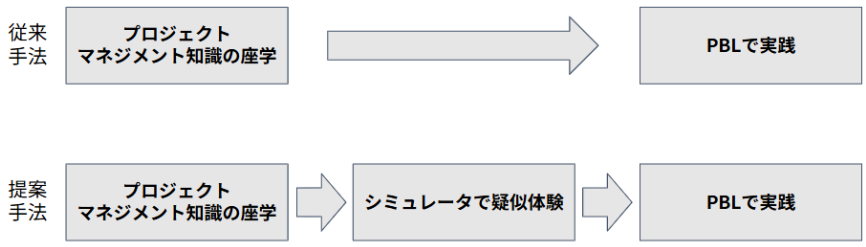

図 1　提案手法

た一方，他メンバとの相互作用が再現できないため，PBL の学びを完全には代替し得ないことも指摘している．このような PBL 要素を含む自習教材は，PBL を複数回実施しにくい環境において学習機会を補完する有効なアプローチであり，本研究で提案する PBL シミュレータも，同様に個人学習用教材としての有効性が期待される．特に，本シミュレータでは LLM を用いて PBL のシチュエーションや仮想メンバとのやり取りを生成することで，より実際の PBL に近い経験を提供し得る点に特徴がある．

2.2　シナリオを用いたプロジェクトマネジメントパワースキル向上教育の取り組み

三好ら [9] は,「人間力強化書」を基盤とし，コミュニケーション，リーダーシップ，意思決定，問題解決などの人間力に該当するパワースキルの向上を目的としたシナリオによるプロジェクト疑似体験型教育手法を提案している．人間力強化書は，プロジェクト現場で起こり得る典型的な問題を題材とした物語形式の教材であり，東京都立産業技術大学院大学のプロジェクトマネジメント基礎講義において活用された．講義では問題発生シーンと設問を提示し，受講生が 4~5 人のグループでディスカッションと発表を行った後，教材中の気づき・内省やプロジェクトマネージャーのその後の行動と結果を提示して答え合わせを行い，最後にリアクションペーパーへ学びを記述させるというプロセスを取る．リアクションペーパーと授業観察から，学習者の内省が促進され，新たな視点による気づきが得られていることが確認されており，これは現実に即したシナリオ教材を用いていることの効果であると考察されている．

本研究は，三好らと同様にプロジェクトマネジメントを疑似体験させる点で共通する一方，いくつかの差異を有する．第一に，三好らが固定的なシナリオを用いるのに対し，本研究の PBL シミュレータは LLM を用いて学習者の自由入力に応じたシチュエーションや応答を動的に生成し，多様な自由記述に柔軟に対応することで，より実践的で臨場感のある学習体験を可能とする．第二に，三好らがグループ演習を前提とするのに対し，本研究は個人学習での利用を想定しており，時間や場所の制約なく PBL を疑似体験できる．

3　LLM を活用した PBL シミュレータの提案

本研究では，PBL におけるプロジェクトマネジメントの疑似体験を実現する手法として LLM を活用する．2.2 で述べたシナリオ型教材では，あらかじめ想定された展開に基づいて学習が進行するため，学習者の自由記述や多様な意思決定を十分に反映することが難しい．特に PBL におけるプロジェクトマネジメントは，状況ごとの不確実性が高く，メンバの反応やプロジェクトの進行が学習者の判断によって常に変化し続ける．このような特徴を持つ学習体験を固定的なシナリオのみで再現することは，教材設計の観点からも困難である．そこで LLM を用いることで，学習者の自由記述による判断や理由付けに応じて，PBL のシチュエーションや仮想メンバの反応を動的に生成することが可能となり，正解や不正解が明確でない意思決定や複数の妥当な対応が存在する状況においても，

学習者の選択に応じたフィードバックを提示したり，PBL の状況変化させたりすることが可能である．これは，PBL において重要とされる試行錯誤や内省を伴う学習プロセスと親和性が高い．以上より，本研究では，PBL におけるプロジェクトマネジメントの不確実性と多様性を再現するための手法として LLM を活用する．

PBL シミュレータは実際に PBL を受講する前に使用して学習することを想定している．そのため，講義などでプロジェクトマネジメントの基礎的な知識を学習したことがあるが，PBL を経験したことのない学習者を対象としている．PBL シミュレータでは，公立はこだて未来大学で実施される通称プロジェクト学習 [7] を参考とした．プロジェクト学習は，学部 3 年次の通年必修科目「システム情報科学演習」として実施される PBL であり，5 月から翌年 1 月までのおよそ 9 カ月間で活動する．プロジェクト学習の特徴として，各プロジェクトに担当教員が配置されているものの，参加学生が自律的に活動しており，プロジェクトマネジメントも学生に一任されることが多い．

シミュレーション中におけるシミュレータと学習者の役割について述べる．シミュレータは，シミュレーション中のファシリテーションを行い，仮想メンバやシチュエーションを提示し，シミュレーションを進行する．シミュレータは仮想メンバの振る舞いも行い，メンバの発言や様子なども描写する．学習者はシミュレーション内では，プロジェクトマネージャーの役割が与えられ，シミュレータに提示されたシチュエーションを読み，どのような対応をするか回答する．

LLM に PBL シミュレータ用のプロンプトを開始時に 1 度入力してシミュレーションを開始する．その後は，学習者の回答内容を受けてシミュレータが状況の変化や次のシチュエーションを提示することでシミュレーションが進行する．図 2 のようなフローにより，シミュレータの情報提示と学習者の回答入力を繰り返し，PBL の終結までシミュレーションは進行する．

本研究で提案する PBL シミュレータは，LLM を外部の推論エンジンとして呼び出す独立したシステムとして実装されているものではない．本シミュレータは，開始時に PBL シミュレータ用のプロンプトを LLM に一度与えることで，その後のシミュレーション全体を LLM との対話のみで進行させる構成を採用している．つまり，LLM 自体がシミュレータとしての役割を担っており，学習者は LLM と直接対話をすることで PBL の疑似体験を行う．本研究における PBL シミュレータという用語はこのような役割を与えられた LLM の振る舞い全体を指す概念として用いている．

提案する PBL シミュレータというもの自体が有効であるかを検証するために，試作段階の PBL シミュレータを用いて被験者 1 名を対象に予備実験を行ったところ，概ね有効でありそうなことを確認した [12]．予備実験を受けて，シミュレーションの再現性を上げるよう PBL シミュレータの設計を詳細に行うこととした．

4 PBL シミュレータの設計

本研究で提案する PBL シミュレータの設計について詳細に述べる．

4.1 PBLBOK の適用

PBL シミュレータを設計するにあたり，PBLBOK を活用した．PBLBOK は，PMBOK を踏襲しつつ，PBL における学習環境や制約を考慮して，プロセス群や知識エリアの粒度を調整したものとして提案されている [8]．PBL シミュレータには，PBLBOK で定義されているプロセス群，知識エリア，要素成果物の枠組みをそのまま活用し，シミュレーション教材としての運用を可能とするために，学習者とシミュレータとの相互作用を明示的に定義するミニプロセスを新たに導入した．プロセス群は PBL シミュレーションを進行するための大まかな流れを定義しており，プロセス群で定義した複数段階のフェーズに沿ってシミュレーションを進行させる．プロセス群の各フェーズに対してミニプロセスを繰り返し実行して，プロジェクトのシミュレーションが進行していく．知識エリアは PBL シミュレータで学習するマネジメントスキル項目を定義している．これにより，プロジェクトマネジメントスキルの学習内容と，シミュレーショ

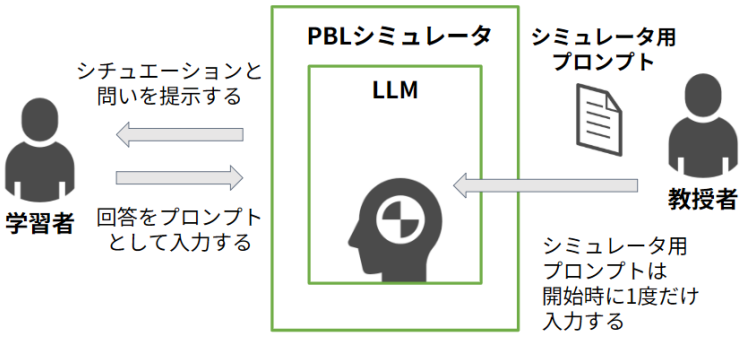

図 2　PBL シミュレータの概要図

ン中の意思決定やフィードバックとの対応関係などシミュレータの仕様を明確化し，LLM を用いた動的なシミュレーションであっても，一定の再現性を担保することを目指している．PBLBOK は PBL シミュレータにプロンプトを入力する際に，添付資料とし使用する．

4.1.1　プロセス群

プロセス群は，プロジェクトの流れの大枠を定義する．PMBOK のプロセス群に則り，PBLBOK ではプロセス群として企画，計画，実行・確認，評価の 4 つのフェーズを定義する．シミュレーションはプロセス群で定義した 4 つのフェーズに沿って進行する．

- 企画フェーズ (PMBOK の「立ち上げ」に相当)
  企画フェーズは，プロジェクトを推進するため必要な情報を定義するプロセスであり，要素成果物の企画書を作成する．
- 計画フェーズ (PMBOK の「計画」に相当)
  プロジェクトの目標達成のための計画を立てるプロセスである．計画フェーズでは，要素成果物のうち企画書と評価基準書を作成する．
- 実行・確認フェーズ
  実行・確認フェーズでは，策定した計画に従ってプロジェクトを実行し，実施中の作業について計画と差異が発生していないかをチェックし，必要に応じて差異の是正を行うプロセスである．このフェーズの要素成果物は課題管理表としている．
- 評価フェーズ (PMBOK の「終結」に相当)
  成果物を納品し，プロジェクトを終結させるプロセスであり，加えて PBL シミュレータでは学びを振り返るフェーズでもある．評価フェーズの要素成果物は最終報告書としている．

4.1.2　知識エリア

PMBOK では，統合，スコープ，タイム，コスト，品質，リスク，人的資源，コミュニケーション，調達，ステークホルダーの 10 の知識エリアを定義しているが，実際の PBL に適用するには粒度が細かいと考えられる．そのため，PBLBOK では，品質，コスト，スケジュール，コミュニケーション，リスク，統合の 6 つの知識エリアを定義している．PBL シミュレータにおいて，知識エリアは，PBLBOK で定義しいぇいる 6 つの項目のスキルを学習対象となるプロジェクトマネジメントスキルと位置づける．

- 品質 (PMBOK の「品質」に相当)
  各種成果物の品質に加え，プロジェクトが円滑進行できているか，問題解決が上手く進められているかなどのような問題解決プロセスの品質評価についても含めるものとする．
- コスト (PMBOK の「コスト」および「調達」に相当)
  PBLBOK では費用に加え，メンバーが割く時間を含めたリソースを考慮する知識エリアとする．
- スケジュール (PMBOK の「タイム」,「スコープ」,「調達」,「資源」に相当)
  PBLBOK では，スケジュール作成にあたり必要となる知識エリアであるタイム，スコープ，調達，人的資源をまとめて「スケジュール」として

併合した 1 つの知識エリアとする．

- コミュニケーション (PMBOK の「コミュニケーション」および「ステークホルダ」に相当)
  チーム内のコミュニケーションに加え，ステークホルダーとのコミュニケーションを含むため，PMBOK におけるコミュニケーションとステークホルダを併合して PBLBOK では「コミュニケーション」という知識エリアとする．
- リスク (PMBOK の「リスク」に相当)
  PMBOK と同様にリスクと課題を管理する知識エリアとする．
- 統合 (PMBOK の「統合」に相当)
  上記に示した 6 つの知識エリアを取りまとめ様々な状況に適応させることである．

4.1.3 要素成果物

要素成果物は，企画書，評価基準書，スケジュール，タスク管理表，リスク計画書，最終報告書の 6 つの要素成果物を定義する．本シミュレータにおける要素成果物とは，ソフトウェア開発そのものの成果物であるソースコードや要件定義書などではなく，プロジェクトマネジメント活動において作成される管理用ドキュメントを指す．これは，本シミュレータの主目的が開発スキルの習得ではなく，マネジメントスキルの習得にあるためである．シミュレーション内でこれらの要素成果物作成のタイミングは，それぞれプロセス群のいずれかのフェーズに対応させている．しかし，シミュレーションの進行に柔軟性を持たせるために一部の要素成果物の作成は必須としていない．

- 企画書
  企画フェーズにおける成果物であり，PMBOK におけるプロジェクト憲章やプロジェクト定義書に相当するものである．企画書にはテーマや設定したゴール，最終成果物，メンバの情報などが記載される．企画書の作成は知識エリアの「統合」に該当する．
- 評価基準書
  計画フェーズにおける成果物であり，最終成果物と問題解決プロセスの評価基準を定義する．評価基準書の作成は知識エリアの「品質」に該当する．
- スケジュール
  計画フェーズにおける成果物であり，プロジェクトのマイルストンや作業，予定と実績，担当者などを記載する．スケジュールの作成は，知識エリアの「スケジュール」に対応する．
- 課題管理表
  計画フェーズ及び実行フェーズの成果物であり，PMBOK の課題管理表と同様のものである．課題とは，問題となっている要点や事柄や未解決か審議中，もしくは反対の見解や合意できないものがある要点や事柄としている．課題管理表にはリスク分析で挙げられるプロジェクト進行における潜在的なリスクについても記載するものとしている．課題管理表の作成は，知識エリアの「リスク」に該当する．
- 最終報告書
  評価フェーズの成果物であり，企画書と照らし合わせて当初の目的や目標を達成できたのか，プロジェクトを通して得られた教訓などを記載する．最終報告書の作成は，知識エリアでは「統合」に該当し，PBL シミュレータでは学びを振り返り，学びを言語化させる目的があるため，シミュレーション内で最終報告書の作成は必ず行うようにプロンプトで制御している．

4.1.4 ミニプロセス

ミニプロセスとは，1 度あたりのシミュレータと学習者の対話プロセスのことであり，入力，学習者による処理，教員としての指導，出力の 4 つを定義している．入力は，学習者への入力という意味であり，シミュレータにより学習者へ提示されるプロジェクトのシチュエーションや仮想メンバの振る舞いのことである．学習者による処理とは，入力に対して学習者がシミュレーションへ回答することである．教員としての指導とは，シミュレータが行う学習者の回答へのフィードバックを指しており，LLM がプロジェクトに配置されている教員として学習者の意思決定についてコメントをする．出力とは，学習者の回答を踏まえ，シミュレーション内のプロジェクトにどのような変化が起こったかということや，次のシチュエーションを提示することである．シミュレーションでは，教

員としての指導と出力はこの順に提示される．

ミニプロセスは教育理論における経験学習[3]に基づき設計している．経験学習モデルでは，具体的経験 (Concrete Experience)，内省的観察 (Reflective Observation)，抽象的概念化 (Abstract Conceptualization)，能動的実験 (Active Experimentation) の 4 段階のプロセスを循環させることで，実践的なスキルの定着と概念化が促されるとされる．ミニプロセスの経験学習モデルとの対応をまとめると以下の表 1 のようになる．ミニプロセスにおける入力と出力は，シミュレータから提示される仮想プロジェクトの具体的なシチュエーションや仮想メンバの振る舞いが該当するため，経験学習モデルにおける具体的経験に対応づけられる．学習者による処理は，入力や出力を受けて実際にどのような対応をするのか回答するため能動的実験に対応し，学習者による処理に対してフィードバックなどが行われる教員としての指導は，学習者の内省を促したり，学習者の回答を一般的なプロジェクトに当てはめ，その回答のメリットやデメリットを解説し抽象化をしたりしているため，内省的観察と抽象的概念化に対応していると捉えられる．

PBL シミュレータでは，このミニプロセスを繰り返し，全プロセス群を完遂し，PBL の終結まで進行する．

表 1　経験学習モデルとの対応

経験学習モデル	ミニプロセス
具体的経験	入力，出力
内省的観察	教員としての指導
抽象的概念化	教員としての指導
能動的実験	学習者による処理

4.2　プロンプトの設計

プロンプトにはまず，参考としたプロジェクト学習と同じ設定とするため，活動期間を 5 月から翌年 1 月までの約 9ヶ月間とした．7 月上旬に中間発表，12 月 1 週目に成果発表会が実施されるという設定を与えた．さらに，活動形態を週 2 回の授業としてプロジェクトの時間があり，各回 3 時間の活動時間が確保されていることも明記した．

次に，学習者が回答する問いの数をシミュレーションを通して全体で 10 個前後と指定した．問いでは選択肢が提示され，なぜその選択肢を選んだのか理由も記述する形式で回答させるようにした．選択肢の中には必ず学習者独自の案の記述も選択肢として含めることで，選択肢以外の判断も許容するよう設定した．

また，添付した PBLBOK を参照しながらシミュレーションを進行するよう記述をしている．

最後に，プロジェクトのメンバ構成を学習者 (PM) を含む 6 名とし，そのうち 3 名は開発メンバ，1 名はデザイン担当，残り 1 名は適宜役割を設定するようにした．シミュレーションを実施したところ，残り 1 名の役割はリサーチ担当や，広報担当，ステークホルダとの調整担当などになることが確認された．

PBL シミュレータはカスタム GPT として作成し，GPT Store にて「PBL シミュレータ ver3.0」と命名して公開した．そのため，Web 上の ChatGPT を用いて PBL シミュレータを使用することができる．実際の PBL シミュレータを使用する様子の一部を以下の図 3，4 に示す．この「PBL シミュレータ ver3.0」を次章の評価実験にて使用する．

5　評価実験

提案する PBL シミュレータの有用性を検証するための実験を行った．実験を行うにあたり，以下の 3 つのリサーチクエスチョンを設定した．

RQ1　LLM を用いた PBL シミュレータは，学習者に実際の PBL と同様のプロジェクトマネジメント体験を提供できるか．

RQ2　LLM を用いた PBL シミュレータは，利用した学習者のプロジェクトマネジメントへの興味・関心を高めるか．

RQ3　LLM を用いた PBL シミュレータを通じて，プロジェクトマネジメントスキルを学習できるか．

PBL 経験者のみを対象とした実験では上記の RQ1∼RQ3 について，いずれも概ね正の結果が確認された[12]．そのため，本実験では PBL 未経験者も被験者とし，PBL 経験者と未経験者で PBL シミュ

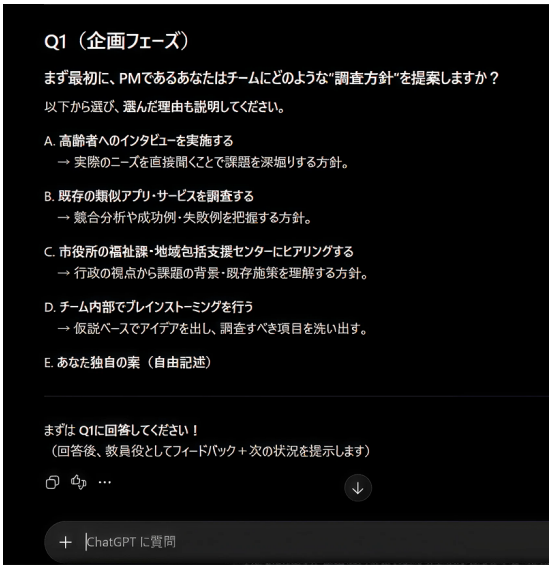

図 3　PBL シミュレータからの提示

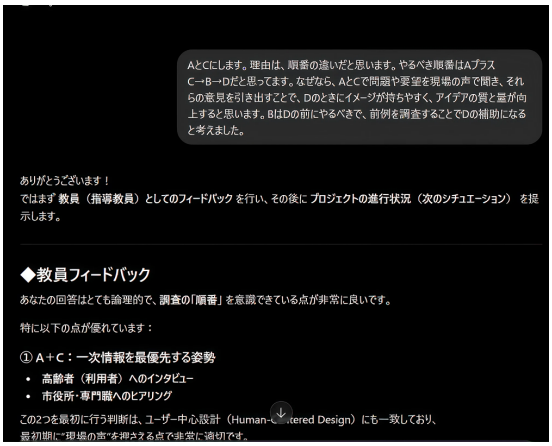

図 4　PBL シミュレータへ回答する様子

レータの有用性には差が生じるのか検証する．

5.1　実施方法

まず被験者がプロジェクトマネジメントに関する知識をどれほど有しているのか調査するための事前アンケートを実施した．事前アンケートは，提示されたプロジェクトマネジメントに関する用語について，被験者自身がどの程度知っているかを 6 段階で回答する．事前アンケートでは以下の 10 個の用語を提示した．

- プロジェクト憲章
- PMBOK
- WBS
- QCD
- スコープ
- マイルストン
- プロジェクトライフサイクル
- アジャイル
- ステークホルダ
- MVP(Minimum Viable Product)

事前アンケートに回答後，シミュレーションを実施した．シミュレーションでは GPT-5.1 を使用し，カスタム GPT から PBL シミュレータを起動した．シミュレーション中には，分からない用語が出てきた際には適宜調べても良いことにした．各被験者は 1 回ずつシミュレーションを終了まで行い，その後，実験後アンケートに回答した．実験後アンケートの内容を表 4 に示す．

5.2　被験者

被験者は公立はこだて未来大学の 3 年次必修の PBL 科目であるプロジェクト学習を履修済みの大学生 6 名と未履修の大学生 5 名の合計 11 名を対象とした．PBL 経験者には事前にプロジェクト学習においてどのような役割を担っていたか聞き取りをした．また，PBL 未経験者にはプロジェクト学習にどのようなイメージを持っているか聞き取り調査を行った．実験後のアンケートでは，PBL 未経験者は自身がイメージするプロジェクト学習と PBL シミュレータによるシミュレーションがどれほど近いと感じたか回答を得た．事前のプロジェクトマネジメント知識調査アンケート結果と併せて被験者 A1∼A6，B1∼B5 の情報を表 2，3 に示す．PBL 経験者は PBL で担当した役割を，PBL 未経験者は事前アンケートで収集した PBL にどのようなイメージをもっているのかという回答結果を示す．なお，知識調査は 1 から 5 の 5 段階で回答を得て得点に換算し，5 点満点中で 10 個の平均点を被験者の知識レベルとした．

表 2　被験者の情報 (経験者)

被験者	知識レベル (/5.0)	PBL で担当した役割
A1	3.0	プロジェクトリーダ，開発メンバ
A2	2.0	リーダ，コードレビュワー
A3	4.8	プロジェクトリーダ，開発メンバ
A4	3.2	グループリーダ，開発メンバ
A5	1.5	開発メンバ
A6	1.0	グループリーダ，開発メンバ

表 3　被験者の情報 (未経験者)

被験者	知識レベル (/5.0)	PBL へのイメージ
B1	2.0	うまく進まないことが多く，期間内では当初目指していたものが作り切ることが難しそう．業務とは異なるため，個々人のモチベーションによって結果が左右されそう
B2	1.5	地域課題を解決するために学生が主体となって解決方法を調査して実際にどのくらい解決されるのかを調べているイメージ
B3	1.6	学生が主体になってプロジェクトを進める．個々人のモチベーション、スキルに出来が大きく左右される
B4	1.8	独創的なアイデアを形にすることができる．地域課題を解決・地域住民の生活を便利にする活動ができる
B5	2.7	成長の機会．交流をしながら進めていく楽しいイメージ

6　結果と考察

本章では，事前・事後アンケートの回答データおよび記述分析に基づき，設定した 3 つのリサーチクエスチョン (RQ1〜RQ3) に沿って提案シミュレータの有用性を考察する．加えて，PBL シミュレータの運用へ向けた学習コストの観点の結果と考察についても述べる．

6.1　PBL の疑似体験としての有効性（RQ1）

RQ1「LLM を用いた PBL シミュレータは学習者に実際の PBL と同様のプロジェクトマネジメント体験を提供できるか」についての結果と考察を述べる．事後アンケートにおける「プロジェクト学習（PBL）をしているようだと感じたか」の問いへの PBL 経験者，未経験者それぞれの回答結果を図 5，8 に示す．PBL 経験者および未経験者の双方を合計して 11 名中 9 名が「そう感じた」あるいは「非常にそう感じた」と回答しており，プロジェクト学習をしているようだったと高い評価が得られた．「どのような点がプロジェクト学習らしく感じたか」という定性評価の分析からは，シミュレーション内で発生する仮想メンバ間の人間関係の軋轢，進捗遅延，予期せぬ課題への対応といったシーンにおいて，実際の PBL における意思決定に近い感覚を得られたという意見が多く見られた．これは，PBLBOK に基づき生成 AI（LLM）が学習者の入力内容（意思決定と理由）に応じて動的にシチュエーションを変化・分岐させる構成をとったことで，固定的な教材では再現が困難であった，自らの判断がプロジェクトの状況に影響を与えるという PBL 特有のリアリティを再現できたためと考えられる．したがって，本シミュレータは PBL におけるマネジメントの疑似体験環境として十分に機能すると言える．

6.2　プロジェクトマネジメントへの興味・関心の

表 4　実験後アンケートの質問項目

1	今回のシミュレーションを終了するまでにおおよそどのくらいの時間がかかりましたか？
2	今回のシミュレーションは，プロジェクト学習をしているようだったと感じましたか？(6 件法)
3	どのようなシーンや状況などでプロジェクト学習のようだと感じましたか？(自由記述)
4	どのようなシーンや状況はプロジェクト学習らしくないと感じましたか？(自由記述)
5	今回のシミュレーションを通して，プロジェクトマネジメントへの興味や関心が湧きましたか？(6 件法)
6	今回のシミュレーション中に知らない用語や概念などはどのくらい多いと感じましたか？(6 件法)
7	今回のシミュレーションを通してどのようなことを学べたと感じましたか？
8	感想などがあれば自由に書いてください．(任意回答)

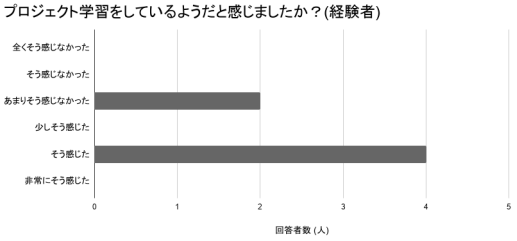

図 5　質問 2 への回答結果 (PBL 経験者)

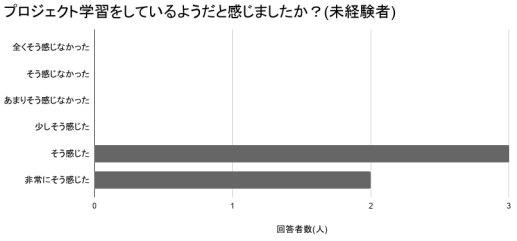

図 6　質問 2 への回答結果 (PBL 未経験者)

向上（RQ2）

RQ2「LLM を用いた PBL シミュレータはプロジェクトマネジメントへの興味や関心を高める効果があるか」について考察する．事後アンケートにおける「プロジェクトマネジメントへの興味・関心が高まったか」という質問への回答結果を図 7，8 に示す．経験者，未経験者を合計すると 11 名中 10 名が「そう感じた」あるいは「非常にそう感じた」と回答している．実際に実験中にはシミュレーション中における分からない用語を自発的に調べる様子も確認され，プロジェクトマネジメントへの興味や関心が高まっていると考えられる.「あまりそう感じなった」と回答したのは被験者 A3 であり，被験者 A3 は複数回 PBL に参加しており，PBL 内でリーダ経験があり，マネジメントに関する知識や経験が豊富であるためシミュレーション体験ではマネジメントへの興味・関心は高まらなかったと考えられる．実際にその被験者の事前アンケートで収集した被験者 A3 の知識レベルは 4.8/5.0 と他の被験者よりもかなり高かった．この結果を受けて，PBL 経験が豊富でなければシミュレータによりマネジメントへの興味・関心を高める効果は確認されやすいと考えられる．そのため，本来シミュレータを使用する想定の PBL 未経験者にとってはマネジメントへの興味・関心を高める教材としても有効である可能性が高いと結論付けられる．

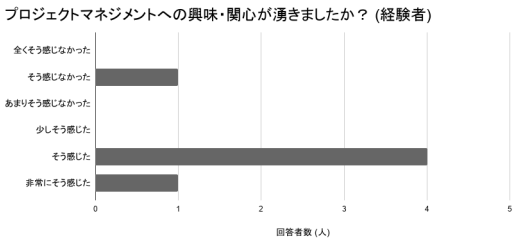

図 7　質問 5 への回答結果 (PBL 経験者)

6.3　プロジェクトマネジメントスキルの学習（RQ3）

事後アンケートにおける「どのようなことを学べたか」という質問に対する回答結果を表 5，6 にまと

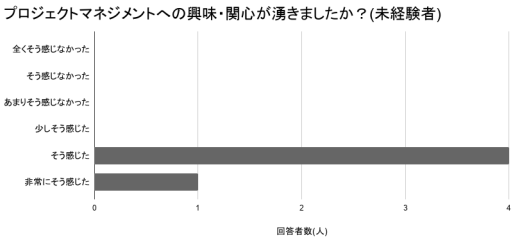

図 8　質問 5 への回答結果 (PBL 未経験者)

める．RQ3「LLM を用いた PBL シミュレータを通じて，プロジェクトマネジメントスキルを学習できるか」について，これらの回答結果に基づき分析・考察する．

被験者の回答を分析した結果，PBL 経験の有無を問わず，PBLBOK 等で定義した知識エリアに対応した実戦的なスキルの獲得や気づきが得られていることが確認された．PBL 経験者の回答においては,「トラブル時のそれぞれのリスク分析」や「優先順を常に考えることの大切さ」といった，統合やスケジュール，リスク管理に関する具体的なマネジメントスキルに該当するような回答が確認された．また,「自分がプロジェクトを左右する責任感や緊張感を味わうことができた」や「自分の意思決定がユーザー価値とスケジュール厳守に偏っている」といった，自身のマネジメントに対する行動傾向や責任感に対する客観的な内省も確認された．一方，PBL 未経験者の回答においては,「自分の判断軸を明確にして他者に伝えること」や「メンバー間のコミュニケーションのサポートの重要性」など，知識エリアにおけるコミュニケーションに該当する回答が複数見られた．これは PBL 経験者の回答にはほとんど見られなった学びであった．一方で，経験者に見られた知識エリアにおけるリスクやスケジュールに該当する回答は未経験者のなかにはあまり見られなかった．この結果から，PBL 経験の有無によって異なる種類の学びが得られるのではないかと考えられる．さらに，未経験者では「来年度のプロジェクト学習を自分だったらどのように進めていくのかイメージを持つことができた」との回答に見られるように，未知の PBL に対する具体的な行動イメージの構築にも寄与している可能性があることが明らかとなった．

以上の結果から，自身の選択に応じて動的に状況が変化するインタラクティブなシミュレーション体験を通して，被験者はそれぞれの経験段階に応じたマネジメントスキルの気づきや実践的な学びを得ていることが示された．したがって，本シミュレータはプロジェクトマネジメントスキルの学習機会を提供する教材として有効に機能すると結論付けられる．

表 5　「どのようなことを学べたか」に対する回答 (PBL 経験者)

A1	自分は開発チームにいて，正直自分が頑張って終わらせました．その時に今回のようなマネジメントが一人いるだけで開発がスムーズに進むんだろうと実感しました．また，自分がプロジェクトを左右する責任感や緊張感も味わうことができました（自分がチームを引っ張っているんだ感）.
A2	優先順を常に考えることの大切さ
A3	基本的には自分のプロジェクトマネジメント能力を活かし切れたと感じた．特に学べたことはない.
A4	トラブル時の対応について，それぞれのリスク分析．自分の意思決定がユーザー価値とスケジュール厳守に偏っていること.
A5	計画性の大切さ，PM の大変さ
A6	色々なリスク管理

6.4　学習コスト

事後アンケートで収集したシミュレーション終了までに掛かった時間に関する回答結果を図 9，10 に示す．PBL 経験者，未経験者ともに 60 分から 120 分でシミュレーションを終了している被験者がほとんどであり，PBL 経験の有無によってシミュレーションの進行に支障はあまりないといえる．大学の講義は 1 コマ 90 分で設定されている場合が多いため，RQ1 の結果と合わせると，おおよそ大学の講義 1 コマ分の時間でのシミュレーションで長期間にわたる PBL の

表 6　「どのようなことを学べたか」に対する回答 (PBL 未経験者)

B1	PM の業務内容について具体的な意思決定を通してイメージすることができた．妥協案を選択が難しく，同時に PM の主要業務であると感じた．プロジェクト前半の意思決定の重要度が相対的に高いと感じた．メンバー間のコミュニケーションのサポートの重要性を学べた．
B2	プロジェクト学習の進行や問題発生時の解決方法について学べたと感じた．シミュレーション体験をしたことで来年度のプロジェクト学習を自分だったらどのように進めていくのかイメージを持つことができた．
B3	プロジェクトを管理することの難しさ，アプリ開発の難しさ，色々な人の意見をきくことの重要性．
B4	自分の判断軸を明確にして他者に伝えること．それぞれの得意技能によって任せられる業務の量や範囲を慎重に選ばなければいけないということ．
B5	プロジェクトを円滑に成功に導くためには，チーム全体を広く見ること，全体をまとめることが非常に重要であるということ．また，作業一つ一つに多くの課題が生じ，それを解決する能力が求められること．

疑似体験が可能であると学習コストや運用面での有用性も評価できる．さらに RQ2 の結果と合わせると，本番 PBL に取り組む事前やプロジェクトマネジメントの座学の前に，講義 1 コマで PBL シミュレータによるマネジメントの疑似体験を行い，プロジェクトマネジメントへの興味や関心を喚起するねらいでも導入教材としても運用することができると考えられる．

7　おわりに

本研究では，PBL におけるプロジェクトマネジメントの知識と実践のギャップを埋める教材として，LLM を活用した PBL シミュレータを提案し，その有用性を検証した．

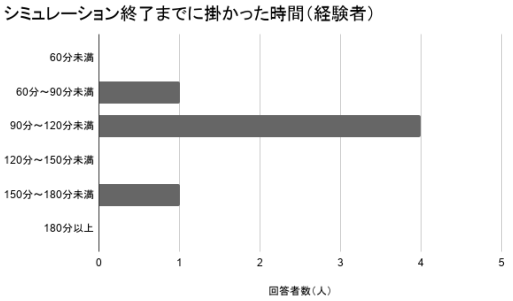

図 9　質問 1 への回答結果 (PBL 経験者)

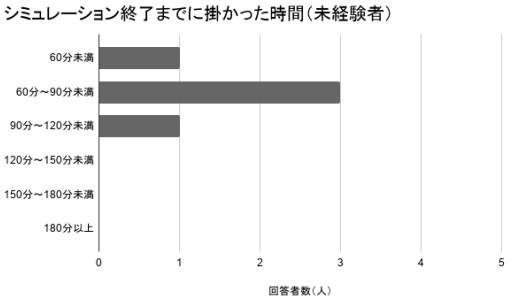

図 10　質問 1 への回答結果 (PBL 未経験者)

評価実験の結果，以下の 3 点が明らかとなった．第 1 に，LLM が学習者の意思決定に応じて動的に状況を変化させるインタラクティブな設計により，実際の PBL 特有の不確実性やリアリティを再現し，マネジメントの疑似体験環境として有効に機能することが確認された（RQ1）．第 2 に，学習者の判断によって進行状況が変化するシミュレーション体験を通じて，多くの被験者においてプロジェクトマネジメント全般への興味・関心が向上し，特に PBL 未経験者に対する導入教材としての有効性が示唆された（RQ2）．第 3 に，被験者の回答分析から，PBL 経験の有無に応じてそれぞれマネジメントスキルの実践的な学びや過去の経験に対する内省が促されており，本シミュレータを通じてプロジェクトマネジメントスキルを学習できる可能性が示された（RQ3）．

今後の課題としては，実際に PBL を受講中の学習者を対象とした検証を行い，本シミュレータによる疑

似体験が実際の PBL 実践やマネジメント行動にどのような影響を与えるのかを明らかにすることが挙げられる.

参 考 文 献

[1] Bell, S.: Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future., *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies*, Vol. 83, No. 2(2010), pp. 39–43.

[2] enPiT: 成果報告書 (2020 年度版), `https://www.enpit.jp/files/enPiT_annualreport_uni_2020.pdf`, 2021. アクセス日：(2025/8/10).

[3] Kolb, D. A. et al.: *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, Vol. 1, No. 1, Prentice-hall Englewood Cliffs, NJ, 1984.

[4] Peñalver, M. J. P., Mas, L. E. A., and Fleta, B. M.: Identification and classification of behavioural indicators to assess innovation competence, *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 11, No. 1(2018), pp. 87–115.

[5] Thomas, J. W.: A review of research on project-based learning, (2000).

[6] 伊藤恵, 木塚あゆみ, 奥野拓, 松原克弥, 大場みち子: チーム開発を個人学習で学ぶ自習教材の開発と教育試行, コンピュータ ソフトウェア, Vol. 35, No. 1(2018), pp. 1_103–1_109.

[7] 公立はこだて未来大学: プロジェクト学習 - Future University Hakodate, `https://www.fun.ac.jp/project-learning`, 2025. アクセス日：(2025/12/2).

[8] 佐藤克己, 今井慎一, 櫨山淳雄, 宮寺庸造: プロジェクトマネジメントを活用した PBL の知識体系 PBLBOK の開発と高等教育における実践・評価, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 64, No. 4(2022), pp. 271–283.

[9] 三好きよみ: シナリオを用いたプロジェクトマネジメント パワースキル向上教育の取り組み –「プロジェクト・マネジャーの人間力強化書」の活用事例–, プロジェクトマネジメント研究報告, Vol. 4, No. 1(2024), pp. 57–62.

[10] 文部科学省: アクティブ・ラーニングに関する議論, `https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/__icsFiles/afieldfile/2015/09/04/1361407_2_4.pdf`, 2015. アクセス日：(2025/12/2).

[11] 本庄加代子: PBL の課題克服に向けたプロジェクトマネジメント理論の有効性, 東洋学園大学紀要, No. 25(2017), pp. 145–164.

[12] 留目健太, 伊藤恵: プロジェクトマネジメント学習のための LLM を活用した PBL シミュレータの提案, 実践的 *IT* 教育シンポジウム *rePiT* 論文集 第 *12* 回 実践的 *IT* 教育シンポジウム *rePiT2026 in* 福岡, 一般社団法人 日本ソフトウェア科学会 実践的 IT 教育研究会, 2026, pp. 78–89.