

プロジェクトファシリテーションツールを活用した 初学者向けソフトウェア開発PBL

赤山 聖子^{†1} 久保 秋 真^{†2}
久住 憲 嗣^{†3} 二上 貴 夫^{†4}

モデル駆動型開発 (MDD) は、モデル上での検証とコードの自動生成ができるため、モデリングに集中することができ、初学者のモデリングスキルの向上に役立つと考えられる。また、ソフトウェア開発におけるモデリング技術の活用方法などの習得には、PBL (Project Based Learning) の利用が効果的であると考えられる。本実践では、MDD と PBL 手法を組み合わせた初学者向けソフトウェア開発教育プログラムの開発を行った。PBL では、プロジェクトファシリテーションツールを用いたタイムボックス制の開発方式を取り入れることで、初学者でもスムーズに PBL に取り組める工夫をした。専門学校生に対する実証講座により、MDD 教育と PBL 手法の組み合わせにより、モデリングスキルの向上を実現できることを確認した。

A Software Development PBL for Beginners using Project Facilitation Tools

SEIKO AKAYAMA,^{†1} SHIN KUBOAKI,^{†2} KENJI HISAZUMI^{†3}
and TAKAO FUTAGAMI ^{†4}

Model Driven Development (MDD) can verify the software and automatically generate the source codes leading the programming beginners to focus on the modeling and improve their modeling skills. To apply the modeling technique in software developments, Project based Learning (PBL) is effective method to learn the application of MDD. We proposed the educational program combined with MDD education and PBL method. In this project, we adopted the time-box system for the software development using the project facilitation tools in our MDD education program. Our proposed program leads beginners to learn the programming skills smoothly, and improve the modeling skills.

1. はじめに

近年、組み込みソフトウェアの設計品質の向上のため、設計にモデリング技術を活用することがソフトウェア開発における大きな流れになっている¹⁾。ソフトウェア開発では、UML を用いたオブジェクト指向モデリングを用いられることが多くなり、教育現場での教育の必要性も高まっている。しかし、UML によるモデリングの教育では、学習者が「このモデルは合っているのだろうか?」という疑問を持つことが多く²⁾、その解決が教育上の大きな課題となっている。

一方、産業界では、モデルを使う開発手法として、モデル駆動型開発 (Model Driven Development: MDD) の実用化が進んでいる。MDD では、モデル上での検証とコードの自動生成が可能で、作成したモデル図をすぐに動作として確認することができるため、モデル図の評価手段の一つとして用いることができる。さらに、設計と実装を完全に分離することができるため、モデリングに集中して開発できる。従って、MDD を初学者のソフトウェア開発教育に活用することで、モデリングに重点を置いた教育が行え、モデリングスキルの向上が図れると考えられる。

また、オブジェクト指向モデリングの教育には数名のグループでの演習の実施が効果的とされており³⁾、大学におけるモデリング教育でもグループによる協調学習活動を取り入れている⁴⁾⁵⁾。グループでの教育として利用が増加している PBL (Project Based Learning) 手法では、それまでに獲得した知識・技術を実開発でどのように利用するのか? ということを習得するための教育手法として有益であるため、ソフトウェア開発におけるモデリング技術の活用方法などの習得にも、PBL の利用が効果的であると考えられる。ただし、PBL では、技術力だけではなく、プロジェクトマネジメント技術やコミュニケーション技術など、プロジェクトの進め方に関する知識も必要となる。先行実践においても主に大学 3, 4 年生や大学院生などの上級学年での利用が行われており⁶⁾⁷⁾⁸⁾、初学者に取り入れるのは難しい

†1 九州技術教育専門学校
Kyushu Technical Education College

†2 株式会社アフレル
Afrell Co., Ltd.

†3 九州大学システム LSI 研究センター
System LSI Research Center, Kyushu University

†4 株式会社東陽テクニカ
Toyo Corporation

手法である。

本実践では、ソフトウェア開発におけるモデリングスキル及びモデリング技術の活用方法の習得を目的として MDD と PBL 手法を組み合わせた初学者向けソフトウェア開発教育プログラム（以下、本プログラム）の開発を行った。本論文では、開発した教育プログラムを専門学校の 1 年生に対して実証講座を行った結果を報告する。

2. 教育プログラムの要件

2.1 ソフトウェアモデリング教育の課題

九州技術教育専門学校（以下、本校）では、組込みソフトウェア教育の一環として、2008 年から ET ロボコン⁹⁾に参加しており、組込みソフトウェアモデリング教育を行ってきた。ただし、モデリングの教育は難しく、学習者がモデリングを行う上で「このモデルは合っているのだろうか？」という疑問や、最終的に必要なのは動くソースコードなのだから「モデリングなんて意味がない」という意見を口に、学習途中で諦めてしまうことがある²⁾。本校の ET ロボコンの参加者も同様の傾向にあり、ET ロボコンの評価の対象になっているという理由で仕方なくモデル図を描いている状態で、「なぜ、モデリングが必要なのか？」という根本の理解させることが困難であった。

2.2 教育対象と教育プログラムの要件

オブジェクト指向モデリング技術の習得には時間がかかるため²⁾、本プログラムでは、ソフトウェア開発に関する学習の早い段階でモデルを用いたソフトウェア開発手法の教育を行うこととした。教育対象は、ソフトウェアエンジニアを目指している初学者、具体的には情報系の専門学校及び情報系学部 1、2 年次に在籍する学生を対象と想定した。

ソフトウェアモデリングでは、モデリング、動作検証というサイクルを何度も繰り返すことで、モデリングスキルの向上が図れる。しかし、モデリング結果を動作として確認するためには、実装言語でのコーディングが必要であり、設計と実装という抽象度切り替えを何度も行う必要があり、その変換が初学者の理解の障壁になっている。また、小木ら⁵⁾は、モデリング演習における問題の原因として (1) モデル設計のノウハウが分からない (2) 受講者のモチベーションが高くない (3) グループワークで協力ができないなどあげている。

これらを解決するため、本実践では、次の要件を満たすような教育プログラムを開発すべきと考えた。

- モデリングを作成したらすぐに動作を確認できる環境を提供すること
- モデルを使って開発することはプログラミングと同等以上の価値があると実感できる

こと

- 学習の初期段階からチームで協働する演習を学習活動の中心とすること

上記の要件を踏まえて、本実践では、MDD と PBL 手法を組み合わせた初学者向けのソフトウェア開発教育プログラムの開発を行うこととした。本プログラムでは、ソフトウェア開発の経験がない初学者に対する PBL とするため、プロジェクトの進め方のガイドとしてプロジェクトファシリテーションツールを用いたタイムボックス制の活用を提案する。

3. 教育プログラムの内容

3.1 MDD とは

MDD とは、設計段階で作成したモデルをツール等を使って動作シミュレーションを行うことで検証し、実際に動作するソフトウェアの実装コードを自動生成することを狙った開発手法である。MDD においては、モデルがソフトウェア・ライフサイクルのすべての局面において開発プロセスの中心となる。今後増大する組込みシステムの複雑性に対処するには、手作業のコーディングに代わりモデリングがその地位を占めることになると考えられている¹⁰⁾。

MDD の実現方法の一つとして、Executable UML¹¹⁾がある。本教育プログラムでは、Executable UML を利用した MDD 教育を実施した。実行可能モデルと称される Executable UML とは、実行可能なセマンティクスとタイミング規則を UML 表記法のサブセットと組み合わせたものである。Executable UML における基本的な構成要素は、クラス図、ステートマシン図、アクション記述の 3 つである。構成要素の関係を図 1 に示す。

Executable UML を用いてモデル化する際の手順を次に示す。

- (1) システムの問題領域（ドメイン）を定義する。
- (2) ドメインに対するクラス図を作成する。
- (3) 各クラスのライフサイクルをステートマシン図で記述する。
- (4) ステートマシン図の各状態のプロシージャをアクション言語で記述する。
- (5) モデルを検証する。
- (6) モデルをコンパイルし、ソースコードを生成する。

3.2 カリキュラム構成

作成したカリキュラムは、基礎編、応用編、PBL 編の 3 部である。主教育項目である MDD 手法やモデリング技術は、応用編で教育し、基礎編では組込みソフトウェア開発を行う上での基礎知識の習得を目的とした。PBL 編では、基礎編、応用編で習得した技術の定

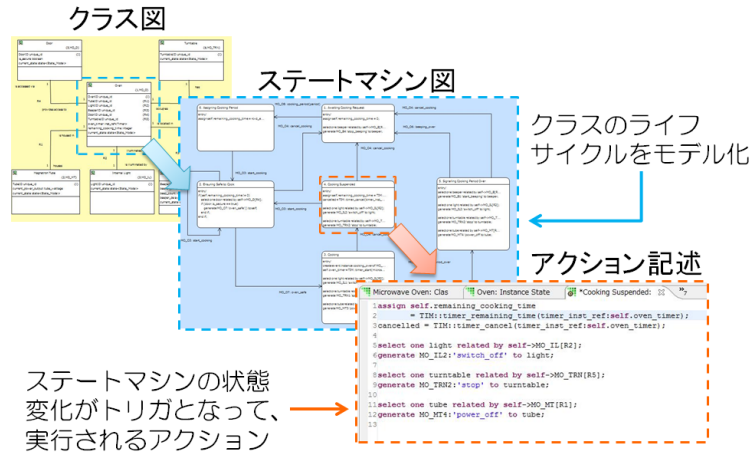


図 1 Executable UML の基本要素
Fig.1 Fundamental elements of Executable UML.

MDD で開発させることで、MDD での開発手法の理解及びモデリングスキルの向上を図る。

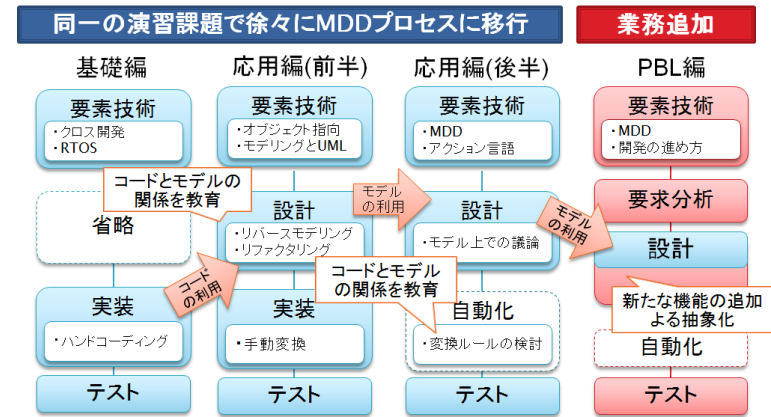


図 2 教材間の関係
Fig.2 Relationship between educational materials.

着と自律的にモデル中心の開発が行えるようになることを目標とする。

基礎編，応用編は座学による要素技術の講義と基礎演習，総合演習をセットで実施する。基礎編，応用編の実施項目を表 1 に示す。

表 1 基礎編・応用編の教育項目
Table 1 Education items basic and advanced classes.

編	要素技術	基礎演習	総合演習
基礎編	要素技術 A クロス開発 RTOS	基礎演習 A センサ，モータを動かすプログラム，ライトトレース	総合演習 A 一連の業務をハンドコーディングで実装
応用編	要素技術 B UML, MDD 手法, モデリング手法, モデルからコードの生成技法	基礎演習 B 基礎演習 A のリバースモデリング, 変換ルールに基づいてモデルからコードの手動変換	総合演習 B 総合演習 A と同一業務を MDD 手法で開発

基礎編，応用編，PBL 編の各ステップで学習する基礎演習や総合演習の題材をできる限り同一のものにすることで，各ステップで学習する内容と事前のステップで学習した内容の関係を深めさせる工夫をした。各ステップでの教材間の関係を図 2 に示す。

PBL 編では，応用編で開発した業務システムの仕様変更に対応したシステムの開発を

3.3 総合演習課題

基礎編及び応用編で実施した総合演習課題を紹介する。架空の運輸会社の自動搬送ロボットを開発するという業務であり，開発対象ロボットは LEGO Mindstorms NXT で製作した自律型車両ロボット（図 3 左）である。自動化する業務は，運搬業務，転送サービス，回送業務の 3 種類である。3 種類の業務は，配達先や荷物の有無により変更される。なお，配達先はロボット側面の側壁監視部（超音波センサ），転送先の検知はロボット前面のバンパ（タッチセンサ）で検知する。課題はロボットの前方にあるライン監視部（光センサ）でコースの黒いラインをトレースし，配達先または転送先，車庫で停止し，それぞれに地点において適切な動作を行い，所定の位置に荷物を届けることである。

総合演習課題を MDD で開発する応用編では，図 4 に示すように，自動搬送システムの全体的な制御を行うクラス（AutoTranspoter），ラインに沿って走行するクラス（LineTracer）の 2 つ以外のクラス内のステートマシンは，実装済みのものを提供する。これにより，命名済みの 2 つのクラスの責務のみに着目して責務分割を検討する方法を学ぶことができる。また，各クラス内で起こる主要なイベントを定義した状態で配布し，各自が独自のイベントを定義する際に適切な抽象度で定義するための指針となるようにした。さらに，MDD ツー

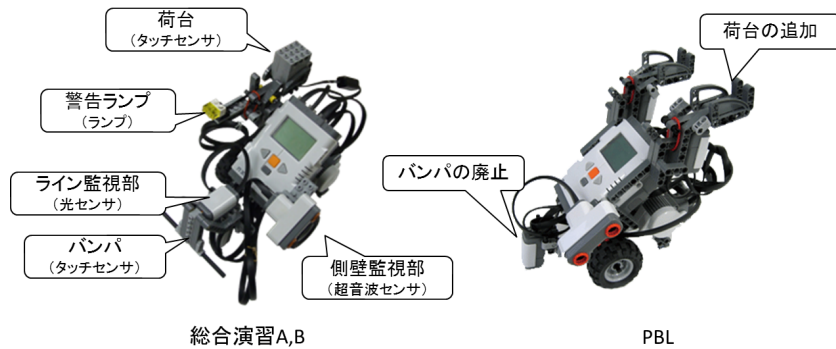


図 3 自動搬送ロボット
Fig. 3 Auto transport robot.

ルを用いて、コードの自動生成を行うことで、モデル図のレビューを複数回行い、その度に動作確認をすることができるため、短期間でのモデリングスキルの向上が見込める。なお、MDD ツールには BridgePoint (Mentor Graphics) を用いた。

4. PBL の概要

総合演習 B に対して業務を追加するソフトウェア開発案件を、MDD を用いてチーム開発を行う。これにより、モデルを利用して開発することで、仕様変更に対応しやすいことを実感してもらうことがねらいである。PBL の開発方法を図 5 に示す。

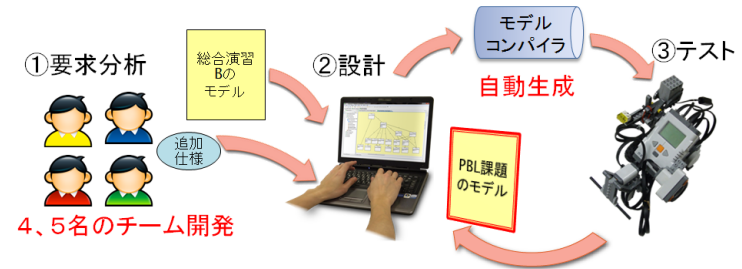


図 5 PBL の開発方法
Fig. 5 Guide on how to develop PBL.

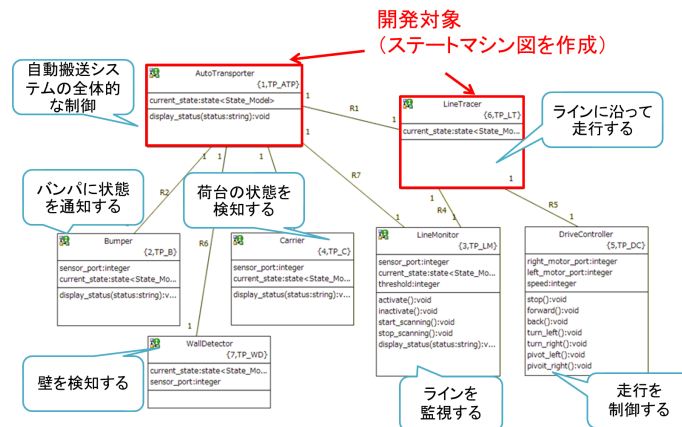


図 4 自動搬送システムのクラス図
Fig. 4 Auto transport system class diagram.

4.1 課題内容

基礎編・応用編の総合演習で対象とした運輸会社では、生産性の都合から、各集配センターは部品を一定数保持しておく必要がある。部品の補充を、経路に沿って自律走行するロボットに任せる。搬送ロボットは、部品庫で部品を満載すると集配センターへ配送に向かい部品を配送し、集配センターを巡回し終わったら、部品庫に戻り再び部品を満載して配送に向かうことを繰り返す。搬送ロボットは集配センターにある基地局ロボットと通信し、補充する部品数の調整を自動化する。PBL の課題のコース及び業務内容を図 6 に示す。なお、コースは、ET ロボットコンテスト 2010⁹⁾ のコースを利用した。

業務の追加、変更に伴う、仕様変更及び学習内容は次の通りである。

- (1) タッチセンサを使用したバンパを廃止し、部品を運ぶ荷台を 2 つにする (図 3 右)。同じデバイスでも別の利用方法をした場合の名前の付け方の工夫や多重度の変更を期待する。
- (2) 搬送コースを変更する。
搬送コースが今後も変更する可能性があることを予想した設計になることを期待する。
- (3) 基地局と通信をして、搬送ルート及び搬送回数の変更を行う。

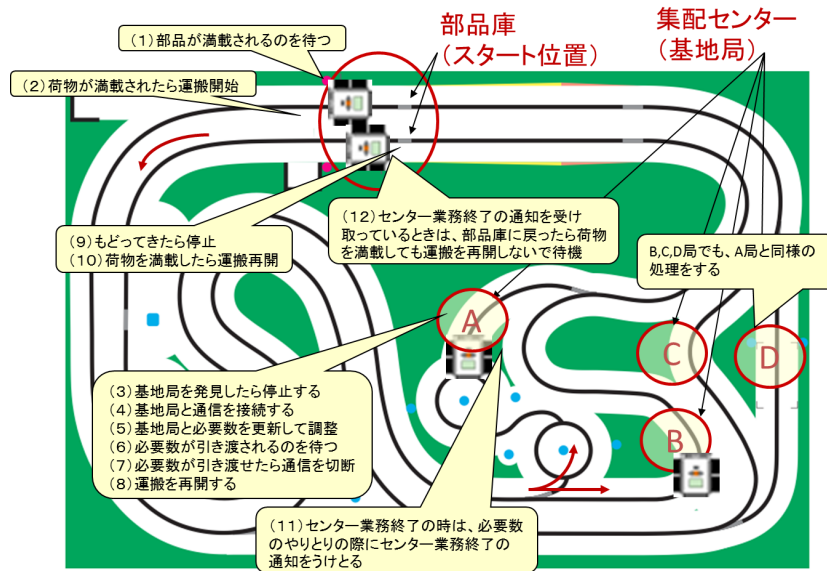


図 6 PBL のコース
Fig. 6 Course layout for PBL.

通信機能を設けることで、新しいデバイスを利用することになるため、通信用ブリッジが必要になることを気づいてもらう。

PBL の対象を初学者としたため、スムーズな開発を進められるように、開発手順の指針となる演習課題を提供した。演習内容を表 2 に示す。

なお、基地局のプログラムのブリッジ (モデルとデバイス制御用の API をつなぐ部分) の開発に関しては、教育対象外であるため、基地局のプログラムやブリッジが必要だと気づいたチームには、提供をする。

4.2 PBL の進め方

本 PBL では、モデリングスキル及びモデリング技術の活用方法を身に着けることを主目的としており、プロジェクトの進め方に関しては、できるだけガイドを設けて、スムーズにプロジェクトが進むように考慮した。キックオフ教育で、プロジェクトを円滑に進めるためのツールや議論の方法について演習を交えて教育を行う。チームビルディングの方法として

表 2 PBL 演習内容
Table 2 The contents of PBL exercises.

演習番号	内容
演習 1	自動搬送ロボットの製作
演習 2	基地局ロボットの製作
演習 3	走行の確認 (ロボットの形状に伴い、総合演習 B の成果を変更する)
演習 4	通信の確保 (Bluetooth を使った通信部分の作成する)
演習 5	基本処理の製作 (集配センターの一つに 1 回分の部品を搬送する)
演習 6	最終段階 (本番の業務を遂行できる搬送システムを完成させる)

は、プロジェクトファシリテーション手法¹²⁾を用いた。プロジェクトファシリテーションとは、アジャイル開発の中からプロジェクトの「人間系」チームビルディングに関する部分を抜き出し、トヨタ生産方式などで行われる「見える化」の考え方を組み合わせたものである¹³⁾。本プロジェクトでは、学生の PBL 用にアレンジして用いた。

14 日間の PBL 期間の全体の流れを表 3 に示す。最初の 2 日間をキックオフ、最後の 2 日間を成果報告及び準備にあて、実質の PBL 期間は 10 日間である。

MDD では、モデルからの動作検証により、機能面の検証はできる。しかし、責務が過大なクラスがある、クラス名がおかしいなどの質の悪いクラス図でも、その内部にステートマシンを記述することで、動くソフトウェアを作ることはできる。品質や再利用性に優れたモデル図になるよう PBL 期間中に中間レビューを入れることで対応した。

なお、表 3 に記載した提供資料は、チームが必要だと気づいて要求した場合に限り提供することとし、機能を作るにはどんなものが必要かをチーム内で考えるように誘導した。

4.3 チーム編成及び配布物

4, 5 名 1 チームとし、プロジェクトルームを設け各チームに、搬送ロボット、基地局ロボット、PC、ホワイトボード、模造紙、付箋紙、タイマー、スケッチブック、マーカーを配布した。

4.4 プロジェクトファシリテーションツール

プロジェクトファシリテーションツールとして、本 PBL 用にアレンジした下記の 2 つを利用した。

表 3 PBL の流れ
Table 3 Schedule of PBL course.

項目	内容、到達目標、提供資料など
キックオフ 1 日目	PBL の説明、グループワークの進め方、ロールプレイ
キックオフ 2 日目	業務説明、ミニ PBL による環境構築
PBL2 日目	目標：走行部分の完成 応用編のモデル図を提供
PBL3 日目	通信ブリッジの提供
PBL4 日目	基地局プログラム（実行モジュール）の提供
PBL5 日目	目標：通信部分の完成
PBL7 日目	目標：基本の処理完成 中間レビュー
PBL9 日目	目標：業務完成
PBL10 日目	目標：システムテスト
成果発表準備	発表内容の説明、発表準備、リハーサル
成果発表	成果発表、デモ、講評、ふりかえり

4.4.1 タイムボックスかんばん

チーム内での時間管理及び役割分担を支援するツールとして、「タイムボックスかんばん（図 7）」と名付けた表の作成を義務付けた。各チーム 1 日 1 枚の模造紙に 1 日の目標、各タイムスロット（50 分）の目標や ToDo、うまくいったこと（OK）、ダメだったところ（NG）を記載してチーム全員が見えるところに貼る。また、目標を緑、ToDo を黄色、OK をピンク、NG を水色の付箋紙で貼る。これにより、チームの進捗状況が一目でわかるため、チーム間でのコミュニケーションを促進することができる。さらに、貼られた付箋紙の色の違いにより、直観的にプロジェクトがうまくいっているのか？危ないのか？を認識することが可能となる。また、指導教員も、別途日報の提出やヒアリングを実施せずに、各チームの進捗状況を確認できる。従って、学生に開発業務以外の作業を課すことなく、アドバイスを行うことができる。

4.4.2 KPTT 表

1 日の終了時に実施する夕会のふりかえりを支援するツールとして、KPTT 表（図 8）を作成させた。KPTT 表は、次の手順で作成する。

- (1) テーマを決める
ふりかえりを行うテーマを決めて表に書く。特に思いつかなければ、「プロジェクトを円滑に進めるために」とする。
- (2) Keep を出す

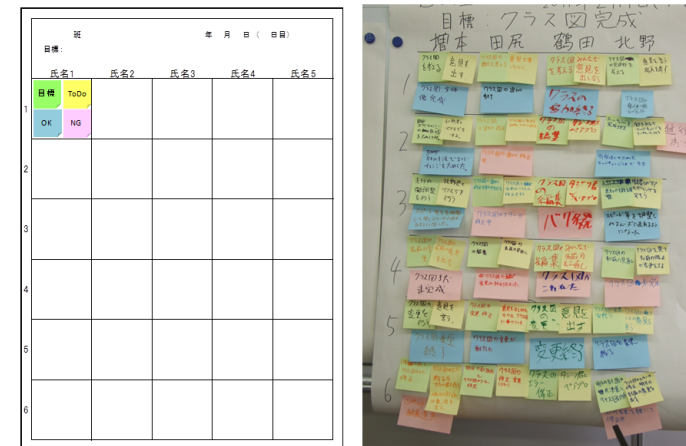


図 7 タイムボックスかんばん
Fig. 7 Time box board.

付箋紙に「良かったこと」や「今やっていてこれからも続けたいこと」などを「～する」という動詞形式で具体的に付箋紙に書き、表に貼る。

- (3) Problem を出す
「問題だと認識している」ことを付箋紙に書き、表に貼る。
- (4) Try を出す
「試してみたいこと」や「改善策」を付箋紙に書き、表に貼る。
- (5) ToDo を出す
Try の中から次の日に試してみたいことを選び、ToDo の覧に移す。
上記のように、Try に出したもののなかから、チーム内でやれそうだと思う項目のみを ToDo に移すという過程を設けたことで、発言の敷居を下げる工夫をした。

4.5 PBL の 1 日の流れ

下記を目的として、1 日の始まりには朝会¹⁴⁾、終わりには夕会を行うこと義務付けた。夕会の様子を図 9 に示す。

- (1) 朝会の目的
 - チーム全体が必要な情報を短い時間で共有すること。
 - 昨日やったことをふりかえり、今日やることを各自認識して積極的に役割を担え

テーマ :	
Keep ・良かったこと ・続けたいこと	ToDo ・試してみることにすること
Problem ・問題だと認識していること	Try ・試してみたいこと ・改善策

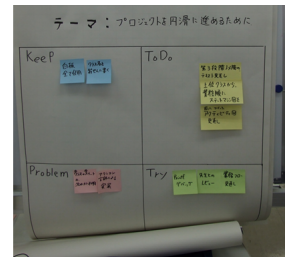


図 8 KPTT 表
Fig.8 KPTT table.

るようになること。

- 朝、気持ちよくスタートを切ること。
- (2) 夕会の目的
- 一日の目標と作業内容のふりかえりを行い、開発の停滞を防ぐこと。
 - 効果的な活動や改善策を共有し実行に移せるようになること。
 - 次の日の活動をスムーズに進めること。

朝会、夕会のグラウンドルールとして「定時刻に行う」、「15分以内に行う、全員が参加し」、全員が発言する」、「立ったまま行う」の4つを設定した。

PBL 期間の1日の流れは、次のようになる。

- (1) 朝会：15分以内
- 昨日やったこと、今日やること、問題点の報告
 - 一日の目標設定
 - タイムボックスかんばんの作成
- (2) 各タイムスロット(1日あたり6タイムスロット): 50分
- 目標設定：5分
 - 実行：40分
 - ふりかえり：5分
- (3) 夕会：15分以内
- 一日のふりかえり
 - KPTT 表の作成
- (4) 残業

チーム内での合意のもと残業を行ってもよいこととした。なお、残業を行う際の注意点としては、タイムボックスかんばんに枠を追加し、通常の開発時間と同様に1タイムスロット単位で実施することとし、時間管理に対する意識づけをさせた。



図 9 夕会の様子
Fig.9 Retrospective meeting.

4.6 PBL の指導方針

PBL 期間中は、複数の教員で指導にあたるが、下記のような指導方針を取り決め、教員間で指導内容に差異が出ないように注意した。

- 指導するのではなく、学生が考え、気づかせるガイドをする。
- 間違った方法で取り組んでいる場合でも、失敗させて、学習させる。
- 常に期限(納期)を意識したスケジュール作成を行うように促す。
- PBL を推進する上で利用できるツールは、自由に選択し利用させる。
- 技術的要素(ツールや API の使い方など)で進行が停滞している場合は、レクチャーを加える。
- 通達事項は、チームスケジュールに影響のないよう、通達するように工夫する。

5. 教育プログラムの評価

教育プログラムの評価のため、3.2 節に述べた基礎編、応用編、PBL 編の講座を専門学校の1年生を対象に実証講座を実施した。実証講座の概要を表4に示す。受講者は、入学

後半年間 C 言語及び IT スキル標準レベル 2 を目指すカリキュラムを受講した学生である。なお、基礎編の受講から応用編受講までの期間がおおよそ 1ヶ月、応用編受講から PBL 編受講までの期間がおおよそ 3ヶ月であった。

表 4 実証講座の概要
Table 4 Outline of the trial.

基	受講者	専門学校 1 年生 21 名
礎	前提知識	ポインタ、構造体を除く C 言語の文法
	演習形態	ペア (1 ペアに PC1 台、ロボット 1 台提供)
編	期間	3 日間 (1 日 7 時間)
	テスト	なし
	アンケート	講座内容、知識・スキルに関して
応	受講者	専門学校 1 年生 20 名
用	前提知識	基礎編を受講したもの
	演習形態	ペア (1 ペアに PC1 台、ロボット 1 台提供)
編	期間	4 日間 (1 日 7 時間)
	テスト	UML に関する知識 (2 日目)、MDD に関する知識 (4 日目)
	アンケート	講座内容に関して
P	受講者	専門学校 1 年生 17 名
B	前提知識	基礎編、応用編を受講したもの
	演習形態	チームあたり 4、5 名の 5 チーム
L	期間	14 日間 (キックオフ: 2 日間、成果発表: 2 日間を含む)
	テスト	なし
編	アンケート	講座内容、知識・スキルに関して、プロジェクトファシリテーションツールに関して

実証講座の結果を踏まえ、モデリングスキル、モチベーション、PBL 活動という 3 つの観点からの教育プログラムの評価を行った。

5.1 モデリングスキル

PBL 編では、仕様の変更に伴い、クラスの責務を整理してクラス図を作成するがメインのテーマであった。PBL の 7 日目に講師によるクラス図の中間レビュー、最終日に成果発表を行った。追加業務の内容を踏まえて、応用編のクラス図から変更を期待する項目を評価項目とし、達成率を評価した。評価結果を表 5 に示す。また、PBL 課題のマイルストーンと達成率を表 6 に示す。

通信を行うクラスに関しては、Test という名前実装済みのものを受講者に配布した。中間レビュー時には、Test という名前のまま追加されているチームが多かったが、その場合は、3) 番未達成とした。また、応用編でバンパとして使用していたタッチセンサを PBL 編では

表 5 PBL 編実証講座のクラス図評価結果
Table 5 Evaluation Results of class diagrams in PBL trial.

評価項目	中間レビュー	成果発表
1) バンパクラスの削除	60%	80%
2) 荷台クラスの多重度の変更	0%	20%
3) 基地局との通信を行うクラスの追加	40%	80%
4) 搬送ルートを管理するクラスの追加	0%	60%
5) その他、責務に応じたクラスの追加	0%	80%

表 6 PBL 課題の達成率
Table 6 Achievement rate of the PBL class exercise.

マイルストーン	チーム名					平均
	A	B	C	D	E	
1) 荷物が満載されたら運搬開始						100 %
2) 基地局を発見したら停止						100 %
3) 基地局と通信の確立						100 %
4) 基地局と必要数の調整	x		x		x	40%
5) 荷物の引き渡しが完了したら通信を切断						100%
6) 運搬を再開	x	x			x	40%
7) 部品庫で停止		x			x	60%
8) センター業務終了時に、運搬の停止	x	x	x	x	x	0%
達成率	63%	63%	75%	88%	50%	68%

荷台として利用しているにも関わらず、バンパクラスが残っている、責務分割がうまくなされておらず、クラス図のステートマシンが大きなものになっているなどが特徴的であった。

中間レビュー前は、課題の機能完成を急ぎ、クラス設計をせずに開発を進めているチームが大変多かった。しかしながら、中間レビュー以降は、各班が積極的にモデルのチーム内レビューを実施しており、成果発表時には、期待したクラス図に近いものになった。達成率の低い荷台クラスの多重度に関しては、多重度を増やすべきと認識しているチームが複数あったが、それに伴いアクション記述をどのように記述したらよいかかわらず、荷台クラスを 2 つ作ることで対応しているチームが多かった。この点に関しては、事前にアクション記述の教育する時間を設けることで、対応できると考える。クラス図レビューが終了 3 日前で定期的遅かったが、その後クラス図の再検討、クラス内部の振る舞いの実装を行い、成果発表時には全チーム課題内容の 7 割程度の業務が実現できており、MDD を用いたことで、レビューから改善のスピードが早くなったことを確認した。MDD 教育と適切なタイミングでのレビューとを組み合わせることで、短期間でのモデリングスキルの向上が図れることが分

かった。ただし、受講者アンケートによると全員が課題の難易度が高かったと答えており、期間内にシステム全体が完成する難易度にする事で、受講者の満足度や達成感が高まると考えられるため、今後は事前指導の期間を増やすことや難易度を調整することを検討する必要がある。

5.2 モチベーション

各講座ごとで受講者の取り組み姿勢に関するアンケートを実施した。その結果を表 7 に示す。

表 7 取り組み姿勢のアンケート結果
 Table 7 Motivation survey results.

	基礎	応用	PBL
とても熱心	10 %	16 %	24 %
熱心	38 %	21 %	29 %
どちらかというと熱心	24 %	37 %	35 %
あまりやる気がなかった	29 %	26 %	12 %
やる気がなかった	0 %	0 %	0 %
全くやる気がなかった	0 %	0 %	0 %

基礎編の実証講座よりも MDD を教育した応用編、PBL 編の方が熱心に取り組んだ受講者が多く、MDD 教育によりペアやチームでモデル図を見ながら一緒に開発できたこと、MDD 手法という新しい方法を学べたことがモチベーションの維持につながったと考えられる。また、PBL の期間中は、放課後遅くまで残って、残業をやっているチームが多く見られた。MDD と PBL 手法を組み合わせることで、モデリング教育におけるモチベーション維持が難しいという課題を軽減できることを確認した。

5.3 PBL 活動

タイムボックスかんばんと KPTT 表の利便性を評価するために、記入状況、受講生のアンケートを分析した。PBL 期間 10 日間における各チームのタイムボックスかんばんの記入率を表 8 に KPTT 表の記入項目数を表 9 に示す。受講者アンケートによると、タイムボックスかんばんを「良い」と答えた受講者は 77% であり、「一目で作業の進捗状況が分かるので計画の見直しができ、作業が進めやすかった」、「チーム内のそれぞれの動きや成果などが分かりやすかった」など、高い評価のコメントが多かった。しかし、「使いこなせ」と答えてしたのは、65% と減少しており、メンバーそれぞれの目標や ToDo を短い時間で決めるのが難しかった考えられる。記入率の低い A, B チームは、チーム全体の記入覧を独

自に作成し、全体としての目標や ToDo を記載していた。チーム全体の記入率を表 8 の右端に記載している。C~D チームは記入率は高いが、記入すること自体が目的になっていたチームや、一日の目標とタイムスロットの目標がずれているなど不適切な内容も見られた。本 PBL では、受講生の集中力を考慮して、作業時間を通常の講義時間と同じ 50 分としたが、目標設定して行動するには短かったと考えられ、適切な時間を検討する必要がある。

夕会時に作成する KPTT 表に関しては、全員「良い」と答えており、「使いこなせた」と答えたの受講生 77% と高かった。また、「一日の終わりに反省が出来て、次回に活かすことができるためテンポよく翌日の活動を行うことができた」、「普段の活動では良かった面を書くことはなかったが、Keep を書くことが習慣になって、気持ちよく活動できた」などの意見があり、プロジェクトを円滑に進めるツールとして、効果的であったといえる。

本実践で導入した、タイムボックス制を基本とした活動に関しては、95% の受講生が効果があったとしている。また、本 PBL を受講した学生が次年度に取り組んだ ET ロボットコンテスト⁹⁾に向けた半年間の PBL では、PBL ツールの利用を特に強制しなかったが、長期・短期のガントチャートを作成する、タイマーを用いて時間管理をする、目標に合わせた計画を立て実行し、KPTT 表を用いてふりかえりをするなどの活動を独自に実施しており、プロジェクトの進め方や計画の立て方を短期間で学ぶ方法として有益であったと考える。

表 8 タイムボックスかんばんの記入率
 Table 8 Fill rate of time box board.

チーム名	A	B	C	D	E	平均	A 全体	B 全体
目標	31.8 %	24.3 %	91.3 %	72.5 %	85.0 %	61.0 %	59.7 %	79.7 %
ToDo	42.9 %	29.6 %	90.8 %	88.6 %	69.2 %	64.2 %	92.9 %	60.7 %
OK	14.1 %	26.8 %	31.7 %	49.2 %	44.2 %	33.2 %	46.7 %	42.0 %
NG	13.5 %	17.3 %	55.0 %	49.1 %	57.7 %	38.5 %	28.6 %	54.7 %

6. おわりに

本論文では、ソフトウェア開発におけるモデリングスキル及びモデリング技術の活用方法の習得を目的として MDD と PBL 手法を組み合わせた初学者向けソフトウェア開発教育プログラムの提案及び専門学校生に対する実証講座の結果を報告した。本 PBL で導入したプロジェクトファシリテーションツールを用いたタイムスロット制の開発方法は、受講生のほとんどが効果的であったと述べており、初学者向けの PBL として有益なツールであるとい

表 9 KPTT 表の記入項目数
Table 9 The Number of entries in the KPTT tables.

チーム名	A	B	C	D	E	平均
Keep	30	24	21	14	15	20.8
Problem	28	24	11	21	19	20.6
ToDo	25	15	16	11	13	16
Try	5	28	3	6	15	11.4

える。また、MDD と適切なタイミングでのレビューを組み合わせることによりモデリングスキルの向上が図れることも確認した。

今後は、PBL 課題の難易度や期間、タイムスロットの時間の検討及び他の PBL を支援するツールの検討を行いより効果的な技術習得ができる教材の開発を行う。

謝辞 本教育プログラムの開発は、文部科学省研究拠点形成費等補助金（産学連携による実践型人材育成事業）による助成のもとで行った。

参 考 文 献

- 1) 独立行政法人情報処理推進機構：組込みソフトウェア開発における品質向上の進め [設計モデル編]，アイティメディア (2006).
- 2) 新井玲子：UML オブジェクト指向モデリング セルフレビューノート，ディー・アート (2005).
- 3) 中尾信明：オブジェクト指向、UML に関する教育の視点と実践，情報処理学会研究報告，2004-CE-74， Vol.2004, No.49, pp.9-16 (2004).
- 4) 高井久美子，渡辺博芳，佐々木茂，鎌田一雄：オブジェクト指向モデリング教育における個別学習と協調学習を組み合わせた授業の設計と実践，情報処理学会研究報告，Vol.2009-CE-101, No.1, pp.1-8 (2009).
- 5) 小木曾禎，遠山紗矢香，湯浦克彦：学生向けモデリング演習支援システムの開発と評価，情報処理学会研究報告，Vol.2011-CE-109, No.5, pp.1-9 (2011).
- 6) 沢田篤史，小林隆志，金子伸幸，中道 上，大久保弘崇，山本晋一郎：飛行性制御を題材としたプロジェクト型ソフトウェア開発実習，情報処理学会論文誌，Vol.50, No.11, pp.2677-2689 (2009).
- 7) 松澤芳昭，塩見彰睦，菟川友宏，酒井三四郎：ソフトウェア開発の教員主導型 PBL における反復プロセスと EVM 導入の効果，情報処理学会研究報告，Vol.2009-CE-99, No.9, pp.1-8 (2009).
- 8) 金田重郎，井上 明：実システム開発を通じた社会連携型 PBL の提案と実践，情報処理学会研究報告，Vol.2009-IS-107, No.32, pp.185-192 (2009).
- 9) ET ロボコン実行委員会：ET ロボコン 2011. <http://www.etrobo.jp/2011/>.

- 10) Liggesmeyer, P. and Trapp, M.: Trends in Embedded Software Engineering, *IEEE Software*, Vol.26, No.3, pp.19-25 (2009).
- 11) Mellor, S.J. and Balcer, M.J.: Executable UML-MDA モデル駆動型アーキテクチャの基礎-，テクノロジックアート (2003).
- 12) 平鍋健児，天野 勝：プロジェクトファシリテーション価値と原則編，Vol.8 (オンライン)，入手先(<http://www.objectclub.jp/community/pf/>) (2011).
- 13) 坂本裕司ほか：これだけは知っておきたい組込みシステムの設計手法，CQ 出版 (2004).
- 14) 平鍋健児，天野 勝：プロジェクトファシリテーション実践編朝会ガイド，Vol.7 (オンライン)，入手先(<http://www.objectclub.jp/community/pf/>) (2010).