

初心者用UMLの提案とその評価

長尾 祐樹[†] 鈴木 裕利[†] 藤吉 弘亘[†] 藤井 隆司[†] 石井 成郎^{††}

[†] 中部大学

^{††} 愛知きわみ看護短期大学

あらまし モデリングのスキルは、ソフトウェアのシステム開発における分析・設計段階で、システムへの要求を抽象化、可視化する上で必須であるといえる。しかし、モデリングスキルの習得には、プログラミングを含めた様々な知識が必要であると考えられ、システム開発の未経験者に対する教育は容易ではない。そこで我々は、初心者のためのUML、UML-B (UML for Beginners) を提案し、UML学習への効果の調査を行った。調査より、UML学習に対して一定の効果が確認された。そして、工学部情報工学科1年次の学生対象の授業にUML-Bを用いたモデリング講義の導入して実践を行った。授業の実践より、学生にモデリングの重要性を認識させる一定の効果が得られた。

キーワード 工学教育, 評価, モデリング, UML

A Proposal of UML for Beginners and its Evaluation

Yuki NAGAO[†], Yuri SUZUKI[†], Hironobu FUJIYOSHI[†], Takashi FUJII[†], and

Norio ISHII^{††}

[†] Chubu University

^{††} Aichi Kiwami College of Nursing

Abstract The skill of modeling, for abstracting and visualizing of the demand to system, is required at analysis and design step in the system development. Though, various knowledge such as the programming is necessary for the acquisition of the modeling skill. So, it is difficult to teach beginner of a system development. Therefore we propose UML for Beginners(UML-B). And the survey revealed it have effect for UML learning. Furthermore, we practice the modeling lecture by UML-B for first grader, who is department of the computer science. The practice revealed an effect to let a student recognize importance of the modeling.

Key words Engineering Education, Evaluation, Modeling, UML

1. はじめに

ソフトウェアのシステムにおける内部構造、業務等の大規模化・複雑化により、システム開発の関係者間における情報の共有が重要な課題となっている。そこで、システムを単純化し分かりやすくする「抽象化」、目に見える形にする「可視化」を行うことにより情報の共有を円滑に行うためモデリングが注目され、オブジェクト指向でのシステム開発においては、統一のモデリング言語であるUML(Unified Modeling Language)が登場した。

しかし、UMLによるモデリングの習得のためには、プログラミング、オブジェクト指向およびシステム開発工程に関する様々な知識が必要であると考えられ、システム開発の経験のない1年次の学生に対する教育は容易ではない。そのため、中部大学工学部情報工学科においても、モデリングに関する講義は、3年次の「ソフトウェア工学」まで開講されておらず、プログラミングに関する講義が先行して1、2年次を開講される。このため、問題提起からモデリングを行わずに、直接コーディングを行いプログラミングをするという習慣が1、2年で身につ

いてしまう傾向にある。

そこで、本研究では、プログラミングやオブジェクト指向の知識の浅い1年次の学生を対象とした初心者用UML, UML-B(UML for Beginners)を提案し、プログラミング教育の初期段階でモデリング教育を導入する。これにより、モデリングの重要性を理解させ、問題に対してモデリングを行い、モデルに基づいてコーディングを行いプログラムを作成するという習慣を体得させる事を目的とする。

本稿では、第2章で本研究で提案するUML-Bについて説明する。第3章では、UML-Bの有効性評価実験について示し、中部大学で行われているソフトウェア関連講義である「創成B」にて実施した、UML-Bを用いた授業の実践について報告する。第4章では、実験結果に基づいたUML-Bの改善について示す。

2. UML for Beginners

2.1 UML-B 提案の背景

初心者用UMLモデルUML-Bは、UML学習の支援を目的とし、情報システム開発におけるモデリング手法である、要求モデリングの考えに基づいて、図1の位置づけを提案する。以下では、要求モデリングとUMLのUML-Bとの関連をまとめ、提案するUML-Bについて報告する。

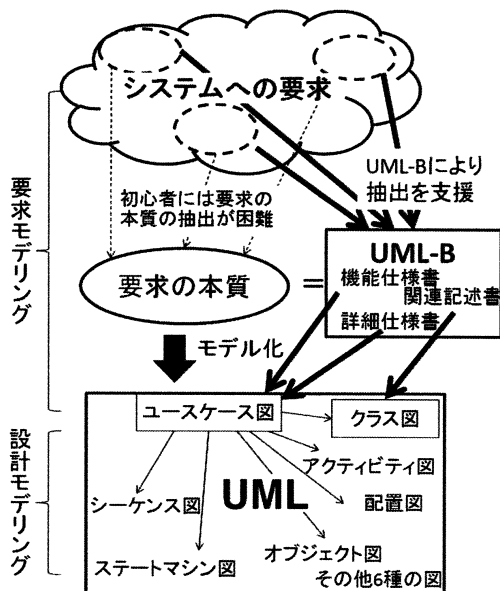


図1 UML-B と UML の関連

2.1.1 要求モデリング

要求モデリングは、ユーザがシステムに対して求める機能について、その内容と範囲を明らかにする作業である。モデル化する際に必要な物事の「本質」において、情報システムに関わりの深いシステムへの「要求の本質」と「問題領域の本質」、この2つに注目したモデリングを行う。そして、抽出した2つの「本質」をもとに、UMLモデル図における、ユースケース図及びクラス図に整理する。

本手法では、システム開発においてベースとなる「システムに何が必要とされているか」、すなわち、ユーザの「要求」に重点を置き、「要求の本質」に注目する。ベースをしっかりと固めることで、様々なUMLモデルを記述が容易となることが期待される。

しかし、ユーザのシステムへの「要求」は曖昧なものであるため、モデリング初心者が、与えられた課題から「要求の本質」を明確にし、モデル化を行うことは困難であるため、「要求」の詳細化を支援するためのモデルが必要であると考えられる。

2.1.2 UML

UML(Unified Modeling Language) [1] とは、オブジェクト指向を用いたソフトウェア開発における分析・設計モデルの標準記法である。UMLの最新版UML2.1では、13種類の図が存在する。代表的なモデル図を表1に示す。

表1 UMLモデル図例

名前	説明
ユースケース図	システムのユーザ要求を表現
クラス図	クラスについてシステムの静的構造を表現
シーケンス図	オブジェクトの相互作用を時間軸に表現

特に、ユースケース図は、要求モデリングにおける「要求の本質」の整理のために用いられる。ソフトウェア開発における要求分析段階でシステムとシステムの利用者との相互作用を表現した振る舞い図であり、開発対象とするシステムの全体像を明確にし、システム全体の概要を把握することが可能となる(図2)。

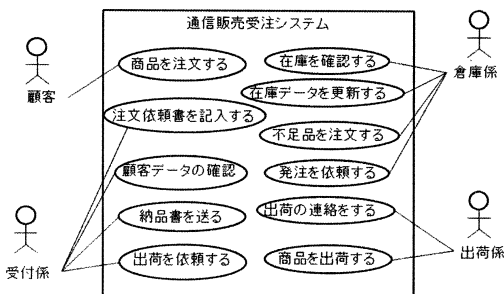


図2 ユースケース図例

さらに、ユースケース図は、要求の分析に用いるだけでなく開発のすべての基準となる。

- ・クラス図は、ユースケース図の情報を表現可能か
- ・シーケンス図は、ユースケースのとおりに進むか
- ・プログラムの振る舞いは、ユースケース図のとおりか
- ・システムは、ユースケース図のとおりに動作するか

等、要求分析からテストまで、システム開発のすべての段階においてユースケース図を利用することが可能となる。このようなユースケース図に基づいたシステム開発を、ユースケースドリブンの開発とよび、ユースケース図は、要求モデリング、ユースケースドリブンの観点から、システム開発において重要な役割を果たしていることが分かる。すなわち、ユースケース図の記述に用いる「要求の本質」の抽出を、UML-Bにより支援することで、将来的に、システム開発におけるすべての段階の支援につながる事が期待できる。

2.2 UML-Bの提案

そこで、ユーザの「要求」を明確化することで「本質」の抽出を支援し、UMLモデル学習の支援をするために、UML-B(UML for Beginners)を提案する。

UML-Bでは、段階に分けて要求を明確にし、システムをモデル化するために、機能仕様書、詳細仕様書、関連記述書の3つの書式を提案する。3つの段階に分け、書式に沿ってモデル化することで、モデリング初心者である1年次の学生にも容易にモデル作成が可能である。機能仕様書とは、システムに対する要求を整理する書式である。詳細仕様書とは、整理したシステムに対する要求の詳細化を行う書式である。関連記述書とは、システム全体の詳細化を行う書式である。

これらのUML-Bの書式を作成する事により、学習者のユースケース図の理解、クラス図の理解を支援する事が期待できる。以下では、ロボットを組み立てた後、決められたコースを1週するタイムを競うタイムトライアル競技におけるロボット制御システムについてUML-Bの各書式を用いてモデル化を行った例を用いて説明する。ロボットには、自律移動型ロボットの組み立て・分解が簡単に可能な市販のキットであるLEGO MindStormsを用いている。

2.2.1 機能仕様書

機能仕様書は、システムに何が必要か、という「要求」、すなわち、システムに必要な「機能」を課題より抽出するための書式である。

タイムトライアル競技における仕様書では、「ロボットを完走させるために必要な機能」として抽出し、機能名とその機能の簡単な説明を箇条書きにして記述する。学生が作成した機能仕様書の例を図3に示す。

コース攻略に必要な機能	
1. ラインレス	・スムーズなカーブ
・光度判定	
・異径直進	
・自力カーブ	
2. 障害物回避	・超音波で認識
・回避行動	
3. 坂道走行	・安定したラインレス
・パワー調整	

図3 機能仕様書の例

2.2.2 詳細仕様書

抽出した機能の詳細な流れの記述に使用する。機能仕様書で洗い出した「機能」の詳細を記述することで、機能間の関連やシステムの流れを明確にする。ユースケース記述を基に作成されたテンプレートに従い、機能名、機能の概要、開始条件、機能の流れ、終了条件の項目を記述する。本手法では、スケッチを描くことにより、機能の詳細化を容易なものとした。学生が作成した詳細仕様書の例を図4に示す。

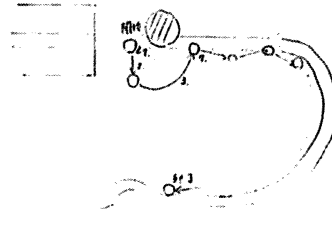
機能名	自律移動ロボットのコース走行
機能の概要	決められたコースを1周した後、正しいラインレスとす。
開始条件	コースのスタート地点でスタート
機能の流れ	1. 右のセンサーでラインを検出 2. 右を向き進む 3. 直進 4. 右のセンサーでラインを検出 5. 直進 6. 右のセンサーでラインを検出 7. 右を向き進む
終了条件	コースのゴール地点でゴール
イメージスケッチ	

図4 詳細仕様書の例

2.2.3 関連記述書

詳細仕様書で明確になった機能の関連を記述し、システムの全体像を明確にする書式である。これまでの書式では、機能個々についての詳細化を行ってきた。この書式では、システム全体を機能の遷移条件を図として整理することで表現する。遷移条件は、詳細仕様書の各機能における開始条件と終了条件を基に決定する。学生が作成した関連記述書の例を図5に示す。

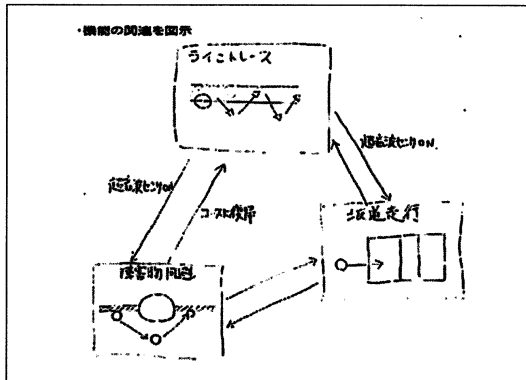


図5 関連記述書の例

3. UML-Bの評価と実践

この章では、UML-Bの有効性の検証を行った結果を報告し、さらに、1年次の学生を対象としたロボットシステム開発講義にUML-Bを導入し実践した結果をまとめる。

3.1 UMLの学習に対する効果の評価

評価は、本学で3年次にシステム開発の上流工程について学ぶ「ソフトウェア工学」の講義を受けている学生を対象とする。「ソフトウェア工学」はAクラスとBクラスに分かれて開講されており、Aクラスには、UMLを用いたモデリング講義、Bクラスには、UML-Bを用いた講義を導入した後、UML講義を行う。A、BクラスにUML作成課題を出題し、結果の比較によって、UML-Bをの習得によるUML学習の理解度の変化に対する影響の評価を行う。実験全体の流れを図6に示す。

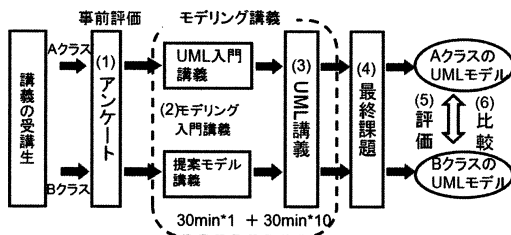


図6 UML-B学習効果検証実験の流れ

受講生は、まず、モデリング経験に関するアンケート調査(図6(1))、次に、AクラスはUML入門講義を、BクラスはUML-Bモデリング講義(図6(2))、その後、Aクラス、Bクラス同様にUMLモデリング講義(図6(3))、そして、最終課題についてUMLモデル作成(図6(4))の順で学習する。作成されたUMLモデルの評価(図6(5))を行い、Aクラス、Bクラスのモデルを比較(図6(6))の順で、UMLの学習に対する効果の評価を行う。

3.1.1 モデリング講義

(1) アンケート調査

事前評価として、モデリング講義受講前にAクラスを受講生とBクラスを受講生のモデリング経験を調査するために、アンケートを行った結果を以下に示す。回答はYes/Noの2種類からの選択である。

- ・モデリングの経験がありますか？
- ・UMLについて学習したことがありますか？
- ・ユースケース図、クラス図、シーケンス図について説明できますか？
- ・ソフトウェア開発工程について説明できますか？
- ・オブジェクト指向型言語(JAVA, VB, C++など)を使ったことがありますか？(Yesの場合は言語名を記述)
- ・オブジェクト指向型言語の講義を履修していますか？(Yesの場合は講義名を記述)

調査の結果、A、Bクラスを受講生間にモデリング経験に関する有意な差は確認されなかった。

(2) モデリング入門講義

UML-Bによる効果の調査のために、BクラスにはUML-Bを用いたモデリング入門講義を導入する。しかし、講義時間に差が生じるため、AクラスにはUML入門講義を導入し、講義時間の差を是正した。モデリング入門講義の時間は、どちらもソフトウェア工学の講義時間90分における後半の30分で1回とする。

(3) UMLを用いたモデリング講義

Aクラス、Bクラスともに、UMLモデル図のうち、クラス図、ユースケース図およびシーケンス図についての講義を、モデリング入門講義同様に講義の後半30分を用い、計10週行う。

モデリング講義は以下に示すプール入退館管理システムのモデリングを講義課題とし講義を進める。そして、演習課題として受講管理システムのモデリングを次週までの課題とする。

課題内容

「あるプールでは利用者はあらかじめプール利用券を購入し、入館する際、退館する際にはその利用券を改札機に入れて、利用時間のチェックを受ける」

(4) 最終課題

モデリング講義終了後、以下に示す、通信販売における注文の受注から商品発送までの流れや、商品の在庫管理を行うシステムの曖昧な流れを文章化した最終課題についてモデル化を行う。

課題内容

「このシステムでは、毎日のように顧客から注文がよせられる。受付係が注文処理をし、倉庫係に出荷の依頼をする。倉庫係は在庫を確認し、在庫がなければ不足品の

発注をする。在庫があれば出荷処理を行い、受付係に知らせる。受付係は納品書を顧客に送る」

また、より複雑なモデルの記述を支援するために、「○○処理について詳細を記述」「アクターを文章以外から最低1人は追加」「依頼する際には必ず書類を用意」「書類に記載するデータの詳細を記述」の4条件を規定し出題する。提出期限は問題発表から2週間後とした。

3.1.2 UMLモデルの評価・比較

提出された課題のうち、ユースケース図、クラス図およびシーケンス図の3つのモデルが全て提出された3年次の学生のモデルを評価対象とした。今回の評価では、モデリングテンプレートをを用いた学習を行ったBクラスの学生12名、行っていないAクラスの学生22名の計34名の評価を行う。

評価は、「表記法についての評価項目」「モデルの品質についての評価項目」「量的データによる評価項目」の3つの観点から構成される25個の評価項目を提案し、各1点の合計25点満点で点数化を行う。評価基準を明確に規定し、客観的な評価を可能とする。

A. 表記法についての評価項目

(1) ユースケース図を対象とした評価項目

- アクターの抽出：適切なアクターが抽出できているか評価する。データベース、在庫などアクターとして適切でない場合0点とする。
- アクターとユースケースの関連：「アクターがシステムの振る舞いであるユースケースを利用する」等の関連が正しく記述できているモデルを1点とする。
- 正しいモデル表記：アクター、ユースケースともに長方形の中に記述している等、表記法に不備がある場合は0点とする。

(2) クラス図を対象とした評価項目

- 属性、操作の区別：各クラスに含まれる、属性と操作の区別が出来ているモデルを1点とする。操作が名詞となっているモデルや、属性と操作間の線が各属性、操作間に引かれているため属性と操作の区別が難しいモデルについては0点とする。
- 関連線の表記：クラス間の関連線についての評価を行う。同じクラス間では、関連線は1本描かれるが、関連線がないモデルや複数引かれているモデルの場合は0点とする。

(3) シーケンス図を対象とした評価項目

- アクティブクラスが明確：アクティブになっているクラスが不明瞭なモデルについては0点とする。
- 処理の流れが明確：処理が突然開始されるなど流れが不適切なモデルについては0点とする。

(4) モデル全体を対象とした評価項目

- 各モデルのつながり：各モデルのつながりが適切であり、トレーサビリティのあるモデルを1点とする。

B. モデルの品質についての評価項目

(1) 各モデル共通の評価項目

- 見やすいモデル配置：モデルの配置について、整理が出来ているモデルについて高い評価とする。
- 問題文の条件をクリア：問題文や追加条件をクリアしているかについて評価する。

(2) ユースケース図を対象とした評価項目

- ユースケースの詳細化：ユースケースの詳細化が適度なモデルについて高い評価とする。

(3) クラス図を対象とした評価項目

- クラスの整理：クラスの整理が適切であり、全てのクラスについて属性、操作の抽出が出来ているモデルを1点とする。属性、操作とにもないクラスが存在するモデルは0点とする。
- 数量関係の表記：関連線とともに記述する数量関係が正しく記述できているモデルを高く評価する。
- 属性、操作の詳細化：属性や操作の詳細化が適度に行われているモデルについて高く評価する。表現が曖昧なモデルについては0点とする。

(4) シーケンス図を対象とした評価項目

- 時系列に沿っている：問題文に示している処理の流れに沿ったモデルを記述できている場合は1点とする。

C. 量的データによる評価項目

ユースケース図における、ユースケース数、アクター数、クラス図におけるクラス数、属性数および操作数の量的データを用いた評価を行う。評価対象のそれぞれのデータの平均値を課題における必要量とし、必要量を満たすモデルを1点とする。

3.1.3 評価結果

(1) 項目を分類した評価と比較

25個の評価項目を表記法、モデル品質、量的データの3つの観点、各モデル図ごとに分類し、比較を行った結果を以下の表2に示す。なお、表中の+、*、**は、検定の結果、有意水準0.10、0.05、0.01で有意差が認められていることを示している。

比較結果より、クラス図における「モデルの品質についての評価項目」において有意差が確認された($t(19)=2.13, p<.05$)。UML-Bでは、機能仕様書に用いて抽出した機能について、詳細仕様書を用いて詳細化を行っている。さらに、この詳細化を基に、関連記述書により機能間の関連についても整理を行っている。これがUMLにおけるユースケースの詳細化によりクラス図を記述する過程に影響していると推測される。「表記法についての評価項目」ではクラス図以外のUMLモデル図で、

表 2 評価項目の分類と評価結果

分類	対象モデル	A[点]	B[点]	有意差
表記法	ユースケース図	1.55	1.25	
	クラス図	1.41	1.75	
	シーケンス図	1.00	0.92	
モデル品質	ユースケース図	1.27	1.58	
	クラス図	2.32	3.17	*
	シーケンス図	1.91	2.17	
	モデル全体	0.18	0.75	**
量的データ	ユースケース図	1.00	0.92	
	クラス図	1.32	2.00	

有意差は認められないが点数が減少している。UML-B は、主に処理について詳細化を行うものであり、データの詳細化についてはまだ不十分であると判断できる。現在の UML-B は、モデリングする際の考え方を支援するモデルであり、表記法についてはあまり考慮されていない点も原因であるといえる。また、UML-B は動的な観点からの整理を行っていないため、シーケンス図については、表記法、品質ともに効果は得られなかった。動的なモデルであるシーケンス図には効果は得られなかったと考えられる。

(2) 各項目毎の評価と比較

次に、各項目について評価を行い該当割合を算出、項目ごとに比較を行った結果以下の表 3 に示す。

比較結果より、ユースケース図において、「ユースケースの詳細化」の項目で高い水準で有意差が認められた ($p(1)=0.013, p<.05$, 両側検定)。UML-B では、システムに必要な機能の書き出し、詳細化に重点を置いている。これにより、システムの振る舞いを表すユースケースの詳細化に効果が得られたと考えられる。しかし、量的にはモデル未学習のクラスに劣る傾向がみられた ($\chi^2(1)=2.82, p<.10$)。詳細化に関しては効果が得られたと判断できるが、抽出の幅に関してはあまり効果が得られなかったことが分かる。また、アクターについての項目にも効果は確認されなかった。UML-B ではシステム内部の詳細化に重点を置いているため、システムの外部の存在であることが多いアクターについての抽出が困難であったといえる。クラス図においては、「クラスの整理」($\chi^2(1)=3.65, p<.10$)、「問題文の条件をクリア」($\chi^2(1)=5.81, p<.05$)の項目で有意差が認められた。UML-B により、問題文より必要な機能の抽出、その詳細化により、これらの項目に効果があったと考えられる。モデル全体の評価として、「各モデルのつながり」の項目で高い水準で有意差が認められた ($\chi^2(1)=10.61, p<.01$)。UML-B では、機能仕様書より詳細仕様書を記述、詳細仕様書を利用して関連記述書を記述するといったように、各仕様書のつながりについても考慮して作成したもので

表 3 評価項目

対象モデル	評価項目	A[%]	B[%]
ユースケース図	アクターの抽出 *	59.1	16.7
	正しいモデル表記	77.3	91.7
	アクターとユースケースの関連	18.2	16.7
	ユースケースの詳細化 **	59.1	100.0
	見やすい配置	68.2	58.3
	問題文の条件をクリア	54.5	33.3
	ユースケース数 +	45.5	16.7
	アクター数	54.5	75.0
	属性、操作の区別	77.3	91.7
	関連線の表記	63.6	83.3
クラス図	クラスの整理 +	50.0	83.3
	数量関係の表記	50.0	75.0
	見やすい配置	77.3	66.7
	属性、操作の詳細化	22.7	16.7
	問題文の条件をクリア *	31.8	75.0
	クラス数	40.9	41.7
	属性数	45.5	66.7
	操作数	45.5	66.7
	時系列に沿っている	68.2	75.0
	アクティブクラスが明確	13.6	16.7
シーケンス図	処理の流れが明確	86.4	75.0
	見やすい配置	81.8	91.7
	問題文の条件をクリア	27.3	41.7
	全体	18.2	75.0

ある。これにより、UML モデルにおいてもユースケースを利用してクラス図を記述する、といった流れで作業する習慣の体得に効果があったと判断できる。

3.2 授業の実践

本学情報工学科で開講されているソフトウェア関連科目の中で、プログラミングについて最初に開講される創成科目「創成 B」にモデリング教育工程を導入し、実践を行った結果を報告する。

3.2.1 創成 B

我々は、これまで「創成 B」を対象に「創造性育成のためのより効果的な教育」を目的として、創造活動に対する意欲や態度、アイデアの発想力といった、創造活動における「考え方」に関する評価を実施し、学習者のスキルの向上の確認を進めてきた [2]。

「創成 B」は 3 つの基本フェーズから構成される。まず、Phase1 の導入では、基本的なプログラミングに関する講義を受けた後、演習を行う。次に、Phase2 の創造活動の体験では、ペアで、タイムトライアル競技に取り組む。最後に Phase3 のリフレクションでは、自己の行動プロセスを振り返るリフレクションと呼ばれる活動を行う。

3.2.2 モデリング教育の導入

UML-B をを用いたモデリング教育の実践を行った。始めに、Phase1 において、モデリングについての講義を

行った。講義スライドでは学習者の理解を支援するために、機能仕様書については機能名やその概要の具体例を挙げている。

また、機能仕様書、詳細仕様書については手書きによる具体例を作成し学習者に配布する。講義スライド、配布資料に記載する具体例は学習者の理解の支援を可能とするための内容であり、創造活動の妨げにならないように配慮して作成している。

ロボットのシステムのモデリングは2回行う。1回目はPhase1のモデリング講義に沿って行い、2回目のモデリングは2回目の創造活動の前に実施する。

3.2.3 学習者の感想

本授業では、講義終了後、学習者はWebページへ出席の登録をするとともに、講義に対する感想を登録する。モデリング講義と1回目のモデリングが行われた講義で得た学習者の感想を以下にまとめる。

- ・プログラムの関連が分かった気がする。
- ・機能仕様書などを書いてどんなことが必要か書き出せてよかった。
- ・機能をまとめてみると、わからなかったところや、矛盾しそうな点を発見できたので、まとめることは結構大事だということがわかった。
- ・機能仕様書や詳細仕様書を書いてどのように動くかプログラム設計が少しずつできてきた気がします。
- ・機能仕様書や詳細仕様書を書くのに手こずった。先にこういうことを考えないとプログラムなんてできないと、わかった気がします。

以上の感想例から、学習者に対してモデリングの重要性を認識させる一定の効果が得られたと確認される。

3.2.4 UML-Bによる学習効果の評価

1回目と2回目のモデルを比較により講義による学習者の変化を調査する。UML-Bの評価では、客観的な評価が可能である「機能数」「オリジナル機能の導入」「無駄な関連線の有無」「新しい機能、方法の導入」「イメージの詳細化」「配布サンプルとの類似」の6つの評価項目を提案する。各項目について1から5点の点数をつけ、合計30点満点で評価を行う。

1回目と2回目のモデルを比較し、創造活動、リフレクションによる学習者の創造性や基礎知識の変化を調査する。分析対象には1回目と2回目の競技でメンバーの変更のない25チームを対象とした。

(1) 機能数：機能仕様書に挙げられた機能数で評価を行う。評価対象チームの機能数の平均をタイムトライアル競技における機能の必要量とし、必要量より多い場合は高得点、少ない場合は減点とした。

(2) オリジナル機能の導入：他のチームにはない独創性の

ある機能を評価する。オリジナル機能の確認は、機能仕様書と詳細仕様書より確認する。オリジナル機能が含まれる場合は5点その他1点とした。

(3) 無駄な関連線の有無：関連記述書において、記述形式の妥当性について評価する。関連記述書では、遷移条件のない関連線は記述せず、機能間に直接関連がないことを表現する。遷移条件のない関連線が書かれている場合、減点とする。書かれていない場合は、5点とする。

(4) 新しい機能、方法の導入：2回目のモデルにおいて、1回目のモデルには導入されていなかった新たな機能やコース攻略法の導入を評価する。新たな機能やコース攻略法の導入が確認される場合は5点、確認されない場合は1点とした。

(5) イメージの詳細化：学習者自らの考えをどの程度モデルに表現できているかを評価する。詳細仕様書のイメージスケッチにおけるコメント数の1機能あたりの平均で評価を行う。全評価対象チームの平均を必要量とし、必要量を基に点数をつける。

(6) 配布サンプルとの類似：学習者には、機能仕様書と詳細仕様書について2枚のサンプルを配布した。このサンプルとの類似がある場合は減点とし、ない場合は5点とした。

1回目のモデルと2回目のモデルについて、チーム別の合計点数の点数の分布を図7に示す。

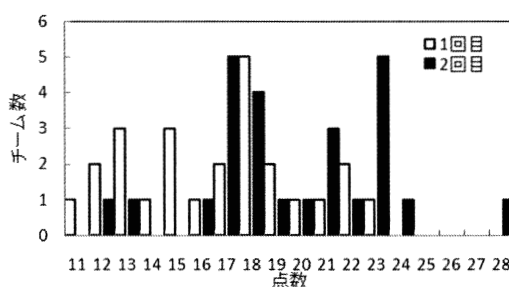


図7 合計点数の分布の推移

グラフからは、1回目のモデルと比べて創造活動・リフレクション後に作成された2回目のモデルの平均点が2.8点増加していることが確認された。 $(t(24)=2.84, p<.01)$ 。すなわち、創造活動とリフレクションにより、基礎知識が深まったことで、1回目と比べ、2回目のモデルではモデリングのスキルが向上したと判断できる。

4. UML-Bの改善

UML学習に対する効果の評価結果より明確となった問題の解決のために、UML-Bの改善を行う。作成例は、タイムトライアル競技におけるロボット制御システムのモデル化を行ったものである。

4.1 機能仕様書の改善

調査結果より、データの詳細化が不十分であるという問題が明らかになった。そこで、機能仕様書にこれまでの機能名、機能の概要に加え、機能について詳細化を行った「機能で行われる動作(処理)」、「動作(処理)に用いられる情報(データ)」を記述する欄を追加した。これにより、処理についての詳細化を支援するとともに、処理に用いるデータについての整理を可能にする。改善した機能仕様書の作成例を図8示す。

A. ライントレース:黒線を追跡し走行する	
1. 光度を測定する	
2. 光度に応じて右折, 左折する	
①光度	
②モータ速度	
B. 坂道走行:坂を登るために速度を上げる	
1. 坂がどうかを調べる	
2. モータの速度を上げる	
3. 旋回速度を落とす	
①モータ速度	
②旋回速度	

図8 改善した機能仕様書

4.2 詳細仕様書の改善

機能仕様書の変更にあわせ、詳細仕様書についてもデータの整理を行えるように記述方法の変更を行う。具体的には、機能仕様書で抽出したデータにはデータ番号(機能A-等)が付加されている。このデータ番号を用いて、詳細仕様書における機能の流れを整理する際に、どこでデータが使われるのか記述するように変更する。これにより、処理とデータの関係が明確となり、クラス図作成の際のクラスの整理に効果が得られると考えられる。改善した詳細仕様書の作成例を図9示す。

機能名	A. ライントレース
機能の概要	黒線を追跡し走行する
開始条件	コースに復帰する
機能の流れ	1. 光度を測定する(A-1, A-①) 2a. 光度が閾値未満であれば右折する(A-②, A-2) 2b. 光度が閾値以上であれば左折する
終了条件	完走する

図9 改善した詳細仕様書

4.3 関連記述書の整理

調査結果より、シーケンス図に対する効果がみられなかったことから、動的に整理を行える仕様書が必要であると考えられる。そこで、関連記述書に実際に競技で 사용되는コースを載せ、その上に機能の関連記述することで、整理した機能がどこで、どのような順番で、どのような条件で実行されるのか動的に整理することを可能とした。これにより、シーケンス図やアクティビティ図な

ど動的なUMLモデルに対しての効果が期待できる。改善した関連記述書の作成例を図10示す。

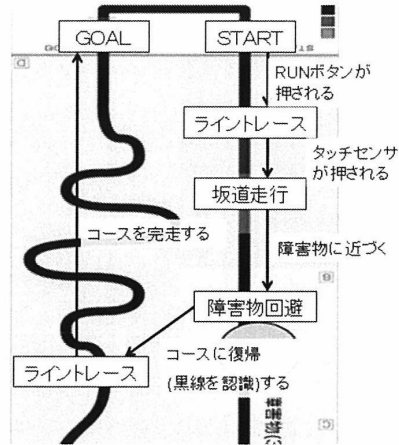


図10 改善した関連記述書

5. おわりに

本研究では、工学教育において初心者である学生を対象にしたUML-Bを提案し、有効性評価実験より、UML学習に対して一定の効果が得られると判断された。そしてプログラミングに関する講義の初期段階にUML-Bを用いたモデリング教育工程の導入、実践を行った。モデリング演習後の感想から、学習者に対してモデリングの重要性を認識させる一定の効果が得られた。対象チームに対して行った評価より、モデリングやプログラミングに関する知識の変化が確認された。

残された課題として、UML-Bの評価法、UML評価法については、妥当性の検証が行われていないため、検証実験を行う必要がある。今回評価を行ったモデルについて、複数人で同様の評価を行い、評価結果を比較する事で、客観的な評価が可能か検討していく予定である。また、改善されたUML-Bを用いて、モデリング教育の実践、UML学習の効果の再実験が必要である。実践の結果より、モデルや課題の見直しを繰り返し問題を改善していくことで、より効果的なモデリング教育が可能となる。今後は、評価の妥当性の検証、改善されたUML-Bを用いた再実験など残された課題について研究を進めていく予定である。

参考文献

- [1] クラーク・ラーマン著、依田光江訳、"実践UML 第3版"、ピアソン・エデュケーション、2007
- [2] A Framework for Designing and Improving Learning Environments Fostering Creativity N.Ishii, Y.Suzuki, T.Fujii, M.Kozawa, H.Fujiyoshi Psicologia Escolar e Educacional, 11(Especial),59-70(2007)