

# プロジェクトマネージャ育成シミュレータにおける 強化学習を用いた規範オペレーション作成方式

A Question Generation Method of Reference Operations  
using Reinforcement Learning on Project Manager Skill-Up Simulator

秋吉 政徳\*<sup>1</sup>

Masanori AKIYOSHI

鮫島 正樹\*<sup>2</sup>

Masaki SAMEJIMA

\*<sup>2</sup>広島工業大学情報学部

Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

\*<sup>3</sup>大阪大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

This paper addresses a generation method as to reference operations that a project manager should carry out for achieving successful result of target projects based on the project management operation criteria. The project management operation criteria is a set of rules to indicate what to do corresponding to various project situations, which can be used to generate the reference operations. First, our proposed method generates the project management standard criteria from optimal operations derived by reinforcement learning on agent program-induced operations on the simulator. Second, the reference operation is generated by applying the criteria to a certain project model. Experimental results show that the proposed method can automatically generate the reference operation as well as manually generated operation.

## 1. 序論

情報技術の普及にともない、情報システムの開発を成功に導くプロジェクトマネージャ（以下 PM）が必要とされている。経済産業省の IT スキル標準 [1] では、IT 関連の全職種にプロジェクトマネジメントのスキル項目が追加されており、今やプロジェクトマネジメントの基本的スキルは全情報技術者に必要とされている。PM には、プロジェクトマネジメントの原理を理解しているだけでなく、プロジェクトの遂行力が求められる。例えば、PMP (Project Management Professional) の資格を取得するには、PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) [2] と呼ばれるプロジェクトマネジメントの知識体系を理解しているだけでなく、プロジェクト業務を指揮・監督する立場で、4,500 時間の実務経験、および 36ヶ月のプロジェクトマネジメント経験（大学卒業者の場合）が必要であり、プロジェクトの遂行力とは経験に基づくものとされている。

しかし、ただ漠然とプロジェクトを経験しているだけではなかなかスキルは向上せず、単に経験が長いだけでは良い PM かどうかは判断できない。また PM の育成を考えたとき、現実のプロジェクト経験による育成 (On the Job Training, 以下 OJT) だけでは不十分である。OJT では、良い教育者に恵まれるかどうかという問題や、現実の業務での失敗には大きなリスクが伴うといった問題があり、確実性、効率性に欠ける [3, 4]。そこで、シミュレータを用いて様々な体験とともに問題解決を図る環境を提供することで、OJT では不十分な点を解消しようとする試みがなされてきている [5, 6]。我々も実際のプロジェクトにおける様々な問題を解決するプロセスを体験させるプロジェクトマネジメント学習環境として、対話的なプロジェクトマネジメント育成シミュレータの研究を行っている。その際に、学習者にとって規範となるオペレーションがわからず、学習者の実行したオペレーションの良し悪しを確認できな

いという問題点があった。

本稿では、あるプロジェクトモデルに対し、学習者が育成シミュレータにおいて行ったオペレーションの評価を行うための規範オペレーション作成方式を提案する。規範オペレーションは、様々なプロジェクト状況において正解の考え方や振る舞い方、状況に対応したオペレーションを決定する「規範」を基に作成される。そこで、各プロジェクトにおいて強化学習によって得られた最適オペレーション群に対して決定木学習を行うことによって「規範」を作成し、プロジェクトモデルの状況に逐次適用し、規範オペレーションを作成する。

## 2. プロジェクトマネージャ育成シミュレータ

### 2.1 動作概要

図 1 に、PM 育成シミュレータの構成を示す。このシミュレータは、プロジェクトマネジメントにおける実装管理フェーズを模擬している。シミュレーションを開始すると、学習者には完了すべき作業の情報と、各作業を担当する人員の情報が与えられる。プロジェクトを開始すると、シミュレータにより作業進捗やバグが一日単位で計算され、学習者は、出力される作業進捗を見ながら、残業や指導者との共同作業の指示を行うことができる。全ての作業を終えた段階でシミュレーション終了となり、プロジェクト結果として品質、コスト、納期が出力される仕組みとなっている。実装計画時に学習者に与えられる情報は、プロジェクトモデルに記述される。指導者は、学習者に体験させたいプロジェクトの構造をこのプロジェクトモデルに記述することができる。

### 2.2 学習面からみた育成シミュレータの問題点

学習という観点から PM 育成シミュレータを用いるためには、学習者のプロジェクトマネジメントに対する知識が定着しているかの確認を行う必要がある。学習者のプロジェクトマネジメントに対する知識定着が確認できれば、学習者自らがまだ定着していない知識についても認識することができる。知識が定着していないということは、プロジェクト実行時にある特定

連絡先: 秋吉政徳、広島工業大学 情報学部 知的情報システム学科、〒731-5193 広島県広島市佐伯区三宅 2-1-1、m.akiyoshi.we@it-hiroshima.ac.jp

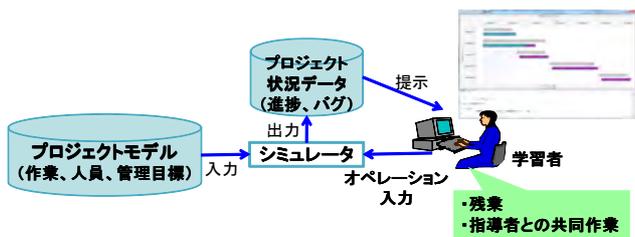


図 1: プロジェクトマネージャ育成シミュレータの構成

の状況において間違ったオペレーションを行ってしまう。この間違ったオペレーションを指摘することによって、学習者自身が認識していなかった癖をもとに、これを是正するために必要な知識の定着が可能となる。

そこで、学習者のオペレーションに関して、プロジェクトの結果が最善となるための考え方が反映された規範オペレーションと比較を行いたい、これまでの育成シミュレータでは、この規範オペレーションを作成するには人手で行うしかなく、学習の際の各プロジェクトモデルごとに作成するに時間的にも労力の面からも現実的でなかった。

### 3. 強化学習に基づく規範オペレーションの作成方式

#### 3.1 提案方式の概要

プロジェクトの結果が最善となるための考え方とは「規範」と一般に呼ばれるものであり、この「規範」に基づいてプロジェクト状況に合わせて行った一連のオペレーションを規範オペレーションと定義する。

本研究では、学習者がプロジェクトマネジメントに対する正しい判断方法を身につけるために必要な規範オペレーションの作成を目的として、強化学習を利用した規範オペレーション作成方式を提案する。図 2 に提案手法の概要を示す。

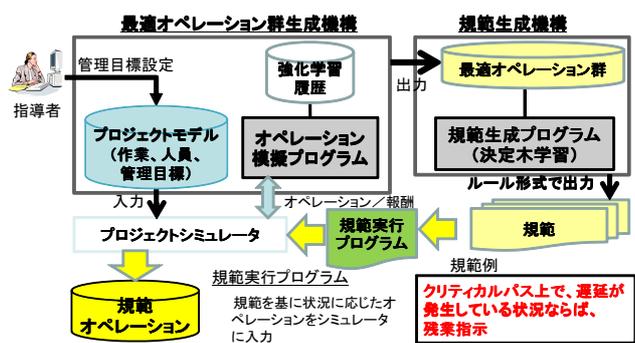


図 2: 規範オペレーション作成方式の概要

規範オペレーション作成のためには、図 2 に示す通り、プロジェクトの進行に沿ってオペレーションを試行錯誤的に実行するプログラムを用いて作成した多数のプロジェクト結果の評価を基に強化学習を行い、最適オペレーションを生成する。最適オペレーションとは、プロジェクト完了時において、各プロジェクトモデルで設定された学習目標に対応する評価が最大となるオペレーションのことである。複数のプロジェクトモデルに関する最適オペレーションは、プロジェクトマネジメント上の正しい判断やオペレーションを含んでいると考えられることから、これらを基にプロジェクト状況に対応して適切なオペ

レーションを決定する「規範」を、決定木学習によりルールとして生成する。これらをプロジェクトモデルの状況に逐次適用し、「規範オペレーション」を作成する。

#### 3.2 最適オペレーション群の生成

規範オペレーションを作成するためには、プロジェクト状況に対応して適切なオペレーションを決定する「規範」を生成する必要がある。複数のプロジェクトモデルに関する最適オペレーションはプロジェクトマネジメント上の正しい判断やオペレーションを含んでいると考えられることから、複数のプロジェクトモデルに関する最適オペレーションの集まりである最適オペレーション群を作成しなければならない。

プロジェクト実行時における学習者のオペレーションは複数選択できる。また、このオペレーションはモジュールごとに行うことができ、更にオペレーションのタイミングは複数あることから、1つのプロジェクトに対して、全探索を利用して最適オペレーションを算出することは、計算時間が指数的に増加し、困難であるため、ここでは学習を繰り返すことによってその学習が収束したならば最適解を算出することができる強化学習を利用する。そこで、複数のプロジェクトモデルを用意し、各プロジェクトモデルに対し、様々なオペレーションを実行して得られたプロジェクト結果の評価を基に強化学習を利用することで、最適オペレーションを作成する。

#### 3.3 決定木学習による規範生成

前節で生成した最適オペレーション群を利用した規範生成機構を図 3 に示す。規範生成機構では、決定木を利用して規範を生成する。なお、決定木を構築するために、オープンソースのデータマイニングツールである WEKA を用いる。

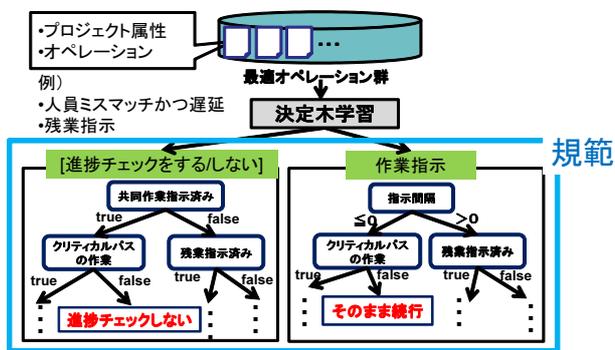


図 3: 決定木学習による規範生成機構

決定木を利用した規範決定機構は、「進捗チェックをするかしないかについて」、及び「進捗チェック後に対する作業指示について」という 2 種類の決定木から構成され、各々の決定木を辿ることで規範を生成する。2 種類の決定木を用いる理由は、学習者が取得できる情報が進捗チェックをする時としない時で異なるためである。進捗チェックを行わなかった場合、学習者は以下の情報しか取得することができない。

- 進捗チェックの間隔
- 作業難易度・人員スキルのマッチ度
- クリティカルパスの作業有無
- 共同作業指示済みの有無
- 作業指示済みの有無

一方、この情報に加え、進捗チェックを行うことで、以下の情報を追加で取得することができる。

- 作業の新規追加の有無
- 計画上の遅延の有無

これらの情報を属性として利用し、クラスとして進捗チェックの有無、及びオペレーション内容を利用することにより、各決定木が作成される。これらの決定木から、育成シミュレータの実装に用いている Java のクラスファイルを規範実行プログラムとして自動生成する。

#### 4. 評価実験

「規範」を生成するため、平均 4.5 モジュールからなる開発人員 4 人で開発期間 30 日の 10 個のプロジェクトモデルデータを用いた。評価用のモデルデータを対象に、「品質と納期を重視」という管理目標を与えて、人手で作成した「規範」と提案方式で得られた「規範」とのシミュレータによる比較実験を行った。

図 4 は、プロジェクトの進行とともに開始時点のクリティカルパスが別のクリティカルパスに変更される場合があるプロジェクトモデルデータの例である。このようなモデルは、オペレーションをする際に全体を見通して行う必要があり、規範オペレーションとしても人手で作成するには非常に困難なモデルである。図 5 にこのモデルに対する実験結果を示す。

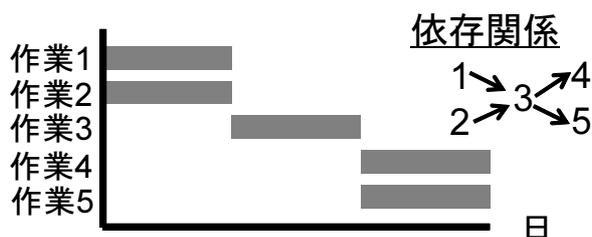


図 4: 「クリティカルパスに変更発生あり」のモデル例



図 5: 実験結果

実験結果は人手で作成した規範を用いた場合とほぼ同等の結果を得た。しかし、管理目標に関しては、品質と納期共に提案方式の方が良くなっており、管理目標に沿ったものが作成されていることが確認できた。提案方式では、「最適オペレーション群」決定に 240 分、「規範」作成は 0.5 秒となっている。この際に提案方式で生成された規範の数は 24、人手で作成した規範の数は 13 となっている。なお、人手で作成した場合には

ある一定期間ごとに「進捗チェック指示」を行うというような記述しかできなかった規範を、提案方式ではプロジェクト状況を細かく判断するような規範として生成している。

ここで、生成された規範は可読性があることから、このようなプロジェクト状況を細かく判断する規範の中で、特に「進捗チェック」に関わる決定木を熟練の PM が見たところ、改良すべきと考えられる規範もあったことから、決定木の一部の枝刈を行った。図 5 の「提案方式(改良後)」という結果が示すように、品質や完了納期による評価を極端に悪化させることなく、追加コストを大幅に下げることが確認できた。

#### 5. 結論

本稿では、プロジェクトマネージャ育成シミュレータ上で、強化学習に基づいてプロジェクトの結果が最善となるための考え方が反映された規範オペレーションの作成方法を提案した。規範オペレーションを生成するために、プロジェクト状況に対応したオペレーションの決定基準となる「規範」を自動生成し、学習対象のプロジェクトモデルを育成シミュレータで実行する際に適用することで、規範オペレーションを作成した。「規範」を自動生成するためには、様々なプロジェクトモデルに対して強化学習により得られた最適オペレーション群を基に決定木学習も用いた。提案方式で作成した「規範」と人手で作成した「規範」から得られた規範オペレーションを用いてシミュレータによる比較実験を行った結果、「品質、追加コスト、完了納期」の観点から、人手で作成した「規範」と提案方式で得られた「規範」によるプロジェクト結果はほぼ同等のものであった。しかし、管理目標である「品質、納期」に関しては提案手法の方が重視されており、人手で作成した「規範」よりも管理目標に沿ったものが作成されていることが確認できた。また、提案方式による「規範」は可読可能で、「進捗チェック指示」がかなり頻繁に行われていた点を人手で改良を加えることで、「納期は人手で作成した規範を適用したものと同等で、品質、追加コスト」の良いプロジェクト結果が得られることを確認できたことから、人手で改良した箇所を自動で行うことが今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] 経済産業省, “IT スキル標準” <http://www.meti.go.jp/report/data/g21226aj.html>
- [2] “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOKR Guide) - Fourth Edition”, Project Management Institute, 2008.
- [3] 関繁, “実践力のあるプロジェクトマネージャになるために”, プロジェクトマネジメント学会誌, Vol.10, No.2, pp.19-21, 2008
- [4] 大島直樹, “プロジェクトマネジメント能力モデルに基づく人材開発評価法”, プロジェクトマネジメント学会研究発表大会予稿集 2009(春季), pp.129-132, 2009
- [5] 松澤芳昭, 大岩元, “産学協同によるプロジェクトマネージャ育成システムの提案と実証実験”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.976-987, 2007
- [6] A. Drappa, J. Ludewig, “Simulation in Software Engineering Training”, in Proc. of the 2000 Int. Conf. on Software Engineering, pp.199-208, 2000