

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501192

研究課題名(和文)ソフトウェアプロセス教育のための支援環境

研究課題名(英文)A study on support environment for software process education

研究代表者

片峯 恵一 (KATAMINE, Keiichi)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：00264135

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア技術者が、ソフトウェアプロセス技術を用いてソフトウェア開発能力を改善するための支援環境について研究した。ソフトウェアプロセス教育には、カーネギーメロン大学ソフトウェアエンジニアリング研究所で開発されたPSPとTSPを対象とした。支援環境には、個人、チーム、コース運営の3つの観点から分析できるように、プロセスデータを可視化するための手法を提案した。また、動機付けプロセスに基づく状態遷移モデルについて研究し、支援環境での実現方法について議論した。

研究成果の概要(英文)：The aim of the research is to develop a support environment for improving software development capability for software engineers by using software process technology. Target courses of software process education are PSP and TSP developed by Software Engineering Institute of Carnegie Mellon University. The method to visualize process data was proposed so that support environment could analyze from the aspects of an individual, a team and course management. We also studied the state transition model based on motivation process, and discussed the implementation in the support environment.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェアプロセス 教育工学 科学教育 プロセス教育

## 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェア開発における大規模化、複雑化および短納期化は近年のトレンドであり、これらに付随する品質問題はますます重要となっている。ソフトウェアプロセスは、ソフトウェアの品質と開発マネジメントの改善能力を高めるための重要な基盤である。

Watts S. Humphrey は、1980 年代後半に産業界のソフトウェア課題を調査し、ソフトウェア技術者がソフトウェアプロセス改善能力を身に付けることにより、ソフトウェア開発プロジェクトの多くの問題解決が可能になることを指摘して、まず、個人レベルのベストプラクティスを学ぶため PSP (Personal Software Process) トレーニングコースを開発し、その後、PSP トレーニングを完了した技術者を対象としてチームレベルのベストプラクティスを導入した TSP (Team Software Process) を開発した。PSP/TSP は、米国カーネギーメロン大学ソフトウェア工学研究所 (SEI) を中心に発展し、多くの大学や企業で導入されている。

九州工業大学では、2007 年度より SEI 認定の PSP コースを、2010 年度より TSP コースを大学院教育に導入し、SEI で実施している社会人向けコースとほぼ同様の成果を得ている。しかし、これらのコース実施には受講生およびインストラクタに多大な負担が生じる。このため、コースを効率的に運用するための支援が必要である。

## 2. 研究の目的

ソフトウェア技術者が、ソフトウェアプロセス技術を用いて、自らのソフトウェア開発技術を継続的に改善することができる支援環境の構築を目的とする。ソフトウェアプロセス技術は、知識を習得するだけでは十分な効果を得ることはできない。そこで、SEI の提供している自己管理を対象とした PSP やチーム開発を支援する TSP によるスキルの習得が重要となる。このようなソフトウェアプロセス教育を支援し、個人は自ら自己改善能力を身に付けコース終了後も同様の手法が活用でき、インストラクタは過去のクラスデータからの教訓をコースに反映できる支援環境について研究する。

## 3. 研究の方法

本研究では、個人を対象としたセルフマネジメント、チームを対象としたチームマネジメント、クラスを対象としたコースマネジメントの3つの観点から支援するための支援環境を研究する。そのため、支援環境全体のソフトウェアアーキテクチャを考案し、その要素であるデータモデル、プロセスモデル、支援機能について研究を進める。以下、それぞれについて説明する。

(1) 支援環境のソフトウェアアーキテクチャを考案する。これは、開発システムの全体像を把握し、各要素の意味と要素間の関係を明

らかにする。要素には、プロセスモデルやデータモデル、プロセスデータ等が挙げられる。(2) ソフトウェアアーキテクチャの各要素について整理する。たとえば、本研究において、プロセスモデルは PSP/TSP のプロセスを対象とするが本来のソフトウェアプロセスはより一般的なものである。このため、汎用的な枠組みとして内容を整理する必要がある。これにより、支援環境の拡張性が大きく変わる。同様に、データモデル等についても内容を整理し、検討する。

(3) プロセスデータ等の可視化方法を検討する。プロセスデータはそのままグラフ化により分析することもできるが、より広い観点から分析するため、データを加工してから可視化することが望ましい。そこでユーザがプロセスデータの加工から可視化までを容易に行える仕組みを考案する必要がある。

(4) 教育方法や指導方法を検討し、本支援環境上で実現可能かどうかを検討する。PSP/TSP コースの指導は、コース資料を提供している SEI がインストラクタマニュアルという形式でまとめている。基本的な部分はこれに沿うことになるが、受講生のプログラミング経験や知識、他講義などの外部要因などそれぞれの環境に合わせて適切に指導することが重要となる。そのため、受講生の進捗に合わせて分析し支援方法を決定する必要がある。

## 4. 研究成果

PSP/TSP 教育の支援環境と動機づけモデルに基づく教育支援手法について研究した。前者は、従来の PSP/TSP コースにおけるプロセスデータの可視化を中心としたものであり、後者は、状態遷移モデルに基づく学習指導方法の提案である。

(1) PSP/TSP コースのための支援環境として、システム要件を明らかにし、専用言語を用いた実現手法の提案と試作を行った。

① 本システムの対象とするデータは、PSP/TSP コースで使用するプロセスデータ、およびコースマネジメント用データとする。PSP プロセスデータは、プログラム規模、時間および欠陥データであり、それぞれ工程ごとの情報を含む計画値と実績値である。TSP プロセスデータは、個人の PSP データとそれを統合したチームデータ、およびメンバーの役割等のチーム固有のデータである。コースマネジメント用データは、コース受講者のプロセスデータの統計情報やコース受講状況等を取り扱う。

② システムの提供する機能は、ユーザによるプロセスデータの加工および可視化とした。これは、教育的観点から、ユーザ自身がプロセスデータの加工を行うことにより、PSP/TSP の概念を理解しながら、様々な観点から分析できるようにするためである。また加工方法を定義し、再利用可能とすることにより、使用性を向上させた。

③支援環境は、図1のような機能ブロック図とした。図中右側の加工プロセスがユーザの定義した加工プロセス群を表し、プロセスデータDBに、各種プロセスデータを保持する。加工プロセスは、加工プロセス編集機能を利用して、作成する。プロセスデータは、プロセスデータ登録機能を使用して、既存のPSP/TSP プロセスデータをインポートする。これらのデータは、グラフ作成機能やレポート作成機能から呼び出され、ユーザに提供する。レポート作成機能は、分析観点ごとにまとめたグラフや表を作成し、分析結果をレポートにまとめて記録する。

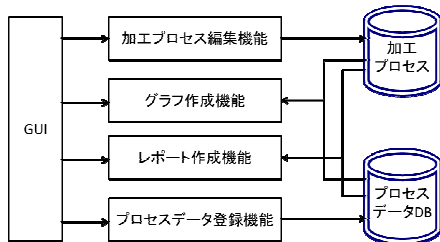


図1：システムの概要

④本システムは、加工プロセスの記述に専用言語を規定した。加工プロセスは、プロセスデータを抽出し加工する一連の作業であり、データの形式を統一することにより記述を簡略化した。本言語では処理を(a)データ抽出、(b)加工処理、(c)可視化処理の3種類に分類し、関数として定義することにより、関数の結合として処理を記述する。(a)は、データベースからプロセスデータを抽出する処理であり、データベースのスキーマ情報から、必要なプロセスデータを抽出する条件を記述する。(b)は、(a)により抽出されたデータ群を入力とし、加工処理の内容を定義し、同形式のデータ群を出力する。(c)は、データ群を指定したグラフや表として出力する。本言語で規定したプログラムは、Javaへ変換し実行する。また、図1の四角部分はJavaで実装し、プロセスデータDBは、MySQLを使用した。図2は、試作システムの実行例である。

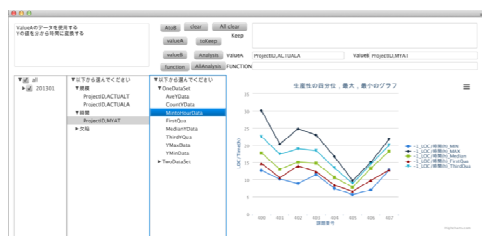


図2：生産性の四分位グラフの表示例

このグラフは、2013年度に実施したコース受講生の生産性(1時間当たりの開発行数)を四分位グラフで表したものである。図中左側は、データベースからのデータ抽出を表しており、上部中央の組み込み関数を組み合わせ、グラフ化している。上述した専用言語は、直

接記述することも可能だが、ビジュアルプログラミングの内部形式と用いる予定である。四分位グラフは、SEIのツールでは表示されないが、SEIのコース資料では使用しており、データ分析時にもよく使用されるグラフの1つである。

(2)動機づけに着目した状態遷移モデルを提案し、PSPコースの学習支援手法について研究した。これは、新たな支援手法を考案し、支援環境の適用性や拡張性を評価した。新しい技術や手法を定着させるためには、適切な動機づけが重要である。本学でも特にPSPコースの完了率が低いため、受講生の動機づけに着目し、状態遷移モデルの提案と支援環境の評価を行った。

①PSPコースにおける動機づけプロセスと状態遷移モデルを提案した。このモデルは、組織論的期待モデルを基礎として定義した状態遷移モデルであり、受講生を状態機械とみなし、動機づけにかかわる状態と操作により動機づけプロセスを定式化したものである。

動機づけ理論は、動機づけの要因に関する内容理論と動機づけに至るプロセスに関する過程理論の二つに大別できる。本研究では、過程理論の一つであるLawlerの期待モデルに環境や組織の要因を組み入れた組織論的期待モデルを基礎として、動機づけプロセスの構造を表現した。図3は、組織論的期待モデルを基に、新しい技術や手法の導入に取り組み個人の実行プロセスと動機づけプロセス、およびその環境や組織による監視制御プロセスを表す。

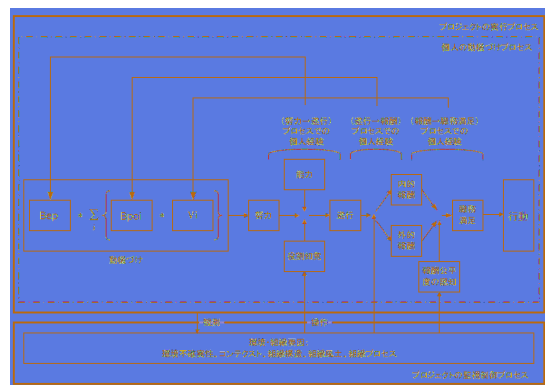


図3：組織論的期待モデルに基づく動機づけプロセスの構造

図中、 $Bep$  は、努力(E)が一定レベルの遂行(P)をもたらす個人の期待、すなわち主観確率を表す。 $Bpo_i$  は、意図したレベルの遂行Pが報酬  $O_i$  をもたらす主観確率を表す。 $V_i$  は、遂行Pにともなって生じる報酬  $O_i$  に対する個人の情動志向や魅力の程度を表す誘意性である。このモデルに、PSPコースに対する状態遷移モデルを適用した。

状態遷移モデルは、個人や組織を1つの状態機械とみなし、プロセスの状態とそれに対する操作により動機づけプロセスを定式化した。PSPコースでの状態、操作およびシナ

リオは、以下のように定義した。状態は, Bep, Bpo, E, V, 遂行(P), 能力, 役割知覚, 内的報酬, 外的報酬, 職務満足の 10 要因の集合で表し, さらに, PSP の知識体系である PSP BOK を参考にして, 遂行は 10 要因, 役割知覚は 86 要因に詳細化した。操作集合は, PSP のトレーニングコースの 1 つで本学でも実施している PSP for Engineers コースを対象とし, 講義の受講, 計画時レビュー, レポート返却時指導を対象とした。動機づけシナリオは, 前述した状態集合の要因を用いて, 初期状態  $S_0$  を作成し, そこから操作にともなう状態遷移から最終状態  $S_n$  に至る過程とした。

②過去の PSP コース受講者の取り得るシナリオを典型的な 3 つのパターンとしてまとめた。1 つ目は, 定着成功シナリオの一つであり, 外的報酬を適切に与えることにより定着に成功するパターンである。2 つ目は, 一部の役割は知覚しているが, その他の役割を十分知覚できていないため, 十分な遂行が出ていないパターンである。この場合, Bep の期待値が次第に低くなる恐れがあり, 途中で断念する危険性があるため, 適宜役割を知覚させる指導が必要となる。3 つ目は, 一部の役割しか知覚できていないが, 品質に関する遂行が出るパターンである。このモデルでは, Bep が低くなるため, 外的報酬により動機づけを高める配慮が必要である。現在は, 典型的な 3 つのパターンを整理したが, さらに受講生の状態をより詳細に把握し, パターンを詳細化していく必要がある。

③受講生に動機づけプロセスの状態遷移モデルを適用して, 要因の十分性や判断基準の検証を行った。支援環境の機能を用いて, 過去のクラスデータ等を活用することにより, 多くの要因を決定することが可能であることが分かった。しかし, 現在のモデルおよび支援環境では, 状態の決定が難しい項目が判明した。たとえば, 欠陥記述やプロセス改善提案(PIP)などの数値化されていないデータによる判断や, レポートのチェック項目などの電子化されていないデータが状態の決定に必要であった。また, 他講義のレポートや学会等のイベントと PSP コースの進捗状況との関連も重要な要素となっていた。そのため, 文章で書かれたデータの分析やレポートチェックの電子化, PSP 以外のスケジュール情報との連携等について研究を進める必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Masanobu Umeda, Keiichi Katamine, Keiichi Ishibashi, Masaaki Hashimoto, Takaichi Yoshida, Motivation Process Formalization and Its Application to Education Improvement for the Personal

Software Process Course, IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有, Vol. E97-D, No. 5, 2014, 1127-1138.

- ② 梅田政信, 片峯恵一, PSP/TSP による実践的な ICT 人材の育成と課題, 教育ブレイク Educational Bulletin 2013 九州工業大学, 査読無, 第 10 巻, 2013, 45-56.
- ③ Keiichi Ishibashi, Masaaki Hashimoto, Masanobu Umeda, Keiichi Katamine, Takaichi Yoshida, Yoshihiro Akiyama, A Preliminary Study on Formalization of Motivation Process in Personal Software Process Course, Proceedings of the 10<sup>th</sup> Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2012), 査読有, Vol. 240, 2012, 128-137.
- ④ 梅田政信, 片峯恵一, PSP/TSP による実践的な ICT 人材教育の取り組み, 情報処理, 査読有, Vol. 53, No. 10, 2012, 1084-1087.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 富田英祐, 片峯恵一, 梅田政信, PSP for Engineers コースのためのプロセス分析手法に関する一考察, 査読無, 平成 26 年度 (第 67 回) 電気・情報関連学会九州支部連合大会, 2014 年 9 月 18 日, 鹿児島大学 (鹿児島県) .
- ② 片峯恵一, PSP トレーニングコースにおける要求定義プロセスの詳細化, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワークショップ in 一関, 2014 年 5 月 22 日, 蔵ホテル一関 (岩手県) .
- ③ 片峯恵一, PSP/TSP と要求工学教育, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会要求工学ワークショップ in 対馬, 2014 年 1 月 30 日, 対馬グランドホテル (長崎県) .
- ④ 梅田政信, 片峯恵一, 石橋慶一, 橋本正明, 吉田隆一, ソフトウェアプロセス教育における動機づけプロセスの定式化と教育改善への応用, 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会, 2013 年 5 月 31 日, 慶応義塾大学 (神奈川県) .

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

片峯 恵一 (KATAMINE, Keiichi)  
九州工業大学・大学院情報工学研究院情報創成工学研究系・准教授  
研究者番号: 00264135

### (2) 連携研究者

梅田 政信 (UMEDA, Masanobu)  
九州工業大学・大学院情報工学研究院情報創成工学研究系・准教授  
研究者番号: 50223607