# システム理論に基づくモデリングと質的研究を併用した ソフトウェアプロセス教育の動機づけシナリオ改善

日下部 茂 長崎県立大学

kusakabe@sun.ac.jp

梅田 政信 九州工業大学

umerin@ci.kyutech.ac.jp

片峯 恵一九州工業大

石橋 慶一 福岡工業大学

katamine@ai.kyutech.ac.jp ishibashi@fit.ac.jp

#### 要旨

パーソナルソフトウェアプロセス(PSP)のトレーニングコースを大学で実施する際の改善の取り組みについて述べる.これまでの取り組みで、受講生の動機づけに着目し、動機付けプロセスの標準状態遷移モデル(後に実践的状態遷移モデルに改称)を用いていた.そのモデルは、組織論的期待モデルをベースに定義した基準状態遷移モデルの拡張したもので、PSP 受講者を状態機械とみなし、動機づけに関わる状態と操作により動機づけプロセスを定式化している.このモデルにより、PSP に関する知識やスキルの導入から定着の成功や失敗に至るまでの過程の形式的な表現が可能となった.次の課題として、状態遷移機械としてモデル化された学生の状態遷移が実際に望ましいものとなるような指導を行う必要がある.システム理論に基づく STAMP/STPA と質的研究アプローチにより、このような課題を解決することについて提案する.

#### 1. はじめに

PSP (Personal Software Process)[1]は、ソフトウェア技術者のための自己改善のプロセスであり、自身の開発プロセスを自律的に管理し、データに基づいて自身が開発するソフトウェアの品質改善を図るものである。このようなPSP の有効性に着目し、大学の教育においてもPSP のトレーニングをとり入れる試みがなされている。例えば、九州工業大学では、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(CMU/SEI)と連携し、PSP およびTSPi (Team Software Process Introduction)[2][3]を正規の大学院教育に取り入れ、高度情報通信技術者の育成に取り組んでいる[4].

そのような事例において、PSP は開発するソフトウェアの品質向上に必要なスキルの修得に有効なことが示される一方、全ての受講者が PSP コースを修了できている訳ではないといった問題も生じている。このような問題に対

する取り組みの一つとして、動機づけに着目し、組織論的期待モデルをベースに、PSPの教育コース受講生の動機づけの状態遷移モデルを用いるアプローチが提唱されている[5] (図 1 ① ②). PSP 受講者を状態機械とみなし、動機づけに関わる状態と操作により動機づけプロセスを定式化する. このような PSP 受講者の動機づけの観点のモデルと定式化をベースに、PSP に関する知識やスキルの導入の指導からその定着の成功や失敗に至る過程の形式的な表現が可能となる. そのような表現を用いることで、PSP 教育実施方法について、より客観的な改善策の検討ができるとされている[6]. 本提案は、このような動機付けプロセスの定式化を起点とした研究であり、その概要を図 1 に示す.

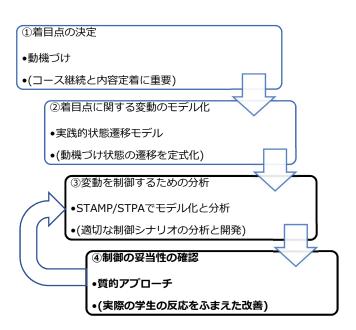


図 1 PSP 教育の改善の取り組み

動機づけの状態遷移モデルを用いて PSP 教育コース を実施・改善するには、インストラクタ役の教員が適切に 受講者の動機づけ状態を把握し、適切な状態遷移シナ

リオとなるように指導する必要がある。このような制御の問題を適切に表現して分析する観点から、システム理論に基づくハザード分析手法である STAMP/STPA (Systems-Theoretic Accident Model & Process /Systems Theoretic Process Analysis)[7]を活用する試みも行った[8](図 1 ③). STAMP/STPA を用いることで、動機づけのモデル上での制御の分析が可能になった。しかしながら、実際の学生は人間であり、指導に対する反応をコンピュータシステムのように考えることは適切ではない。そのため、動機づけの状態制御の分析に、システム理論に基づく分析と質的研究アプローチによる分析を組み合わせることで、このような課題を解決すること提案する(図 1 ③④).

# 2. 動機づけプロセスの状態遷移モデル

### 2.1. 動機づけプロセスとその構造

動機づけ理論は,動機づけに至るプロセスに関する過程理論と要因に関する内容理論の二つに大別でき,

本研究は過程理論の一つをベースにした既存研究に基づいている. Lawler の期待モデル[9]に環境や組織の要因を組み入れた組織論的期待モデル[10]を基礎として,動機づけプロセスの構造を表現する.

図 2 は、組織論的期待モデルをもとに、新しい技術や手法の導入時の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との関係を表現したモデルである[5]. 図中、Bep は、努力 E によって意図したレベルのパフォーマンス P が達成できるという個人の期待の主観確率 (0~1) を表す。また、Bpoiは、意図したレベルの Performance(P) が報酬 Oi をもたらす主観確率 (0~1) を表す。Vi は、パフォーマンス P に伴って生じる報酬 Oi に対する個人の情動志向や魅力の程度を表す誘意性 (-1~+1) である。ここで、Bpoi \* Vi の総和を求めるのは、一般に遂行 P に対して複数の種類の報酬 Oi があり得るためである。Bep、Bpoi、Vi の積は、努力 Effort(E)がパフォーマンス P に結び付く可能性が高く(Bep >> 0)、その P が何らかの報酬 Oi が望ましいもの性が高く(Bpoi >> 0)、かつ、その報酬 Oi が望ましいもの

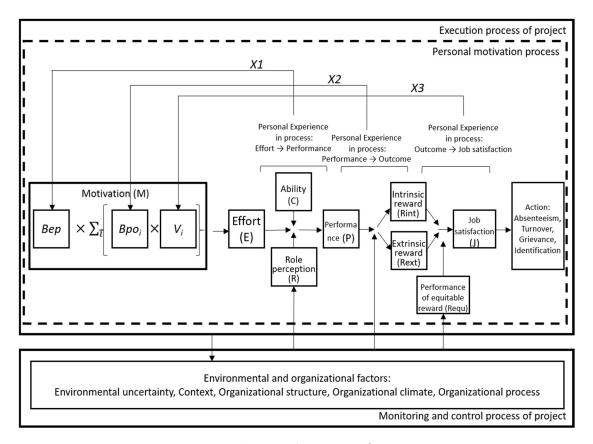


図 2 組織論的期待モデルに基づく動機付けプロセスの構造

(Vi >> 0) であれば、高い動機づけ Motivation(M)が得られることを表している.

努力 E は、この動機づけ M により決まり、パフォーマンス P は、努力 E と能力 Ability (C)、役割知覚 Role Perception (R)の積で決まる. パフォーマンス P は、仕事の達成感等の内的報酬 Intrinsic Reward (Rint) と昇給や昇進等の外的報酬 Extrinsic Reward (Rext) のいずれか、またはその両方をもたらす. 職務満足 Job satisfaction (J) は、内的報酬 Rint、外的報酬 Rext、および、報酬公平度の認知 Performance of equitable reward (Requ) の積によって決まり、欠勤や苦情、組織や部門への同一化といった行動を引き起こす。また、 $X1 \sim X3$  の矢印は、努力→パフォーマンス、パフォーマンス→報酬、および報酬→職務満足の各プロセスにおける個人経験が、動機づけに関わる Bep、Bpoi、および Vi に、それぞれ反映されることを表す。

#### 2.2. 状態遷移モデル

動機づけプロセスの状態遷移モデルは個人や組織を一つの状態機械と見なし、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する.このようなモデルを用いて、PSPトレーニングコースの受講者の動機づけ状態を、インストラクタによって観測、制御することを目指す.

公式な PSPトレーニングコースには複数のバージョンがあり、ここでは PSP-Planning と PSP- Quality の 2 コースからなる、PSP for Engineers を前提に説明する. 各コースは、講義と演習の対を 1 日の実施単位とした 4 日間の後に、最終日に総括的なレポート課題を課す. 九州工業大学の大学院教育での実施例では、この PSP for Engineers を、時間割構成に合わせて提供している. PSP コースの基準状態遷移モデルは、そのような PSP コースで導入される実践内容とその目的とをそれぞれ遂行 Pと役割知覚 Rとし、講義と課題の組を一つの操作 OPとして定義したモデルである. その後、実際の PSPトレーニング講義の指導経験をもとに、よりきめ細かなモニタリングと指導を反映できる実践的状態遷移モデル(提案時は標準状態遷移モデルで後に改称)が提案されている.

このような動機づけを観点とする PSP 受講者のモデルにより、PSP に関する知識やスキルの導入からその定着の成功や失敗までの動機づけ状態の遷移過程の形式的な表現が可能で、そのような過程の表現を用いて、PSPコース実施方法の改善策の検討をより客観的に行うことを目指していた。例えば、動機づけプロセスの実践的状態遷移モデルにおいて、それぞれの状態が取りうる値に

ついて表 1 のように想定し、定着の成功や失敗に至る受講者の動機づけの状態遷移のシナリオが議論されている.

表 1 要因の状態集合例

要因	State value set			
Вер	{VeryHigh, High, Low, Unknown}			
Вро	{High, Low, Unknown}			
V	{High, Low, Unknown}			
努力 <i>E</i>	{VeryHigh, High, Low, Unknown}			
能力 C	{VeryHigh, High, Low, Unknown}			
役割知覚 <i>Ri</i> (i=187)	{Perceived, NotPerceived, Unknown}			
パフォーマンス <i>Pj</i> (j=110)	{Accomplished, NotAccomplished}			
課題	{NotGiven,Given,PlanningCompleted,			
Aj (j=110)	Completed}			
内的報酬	{Given, NotGiven}			
外的報酬	{Given, NotGiven}			
職務満足	{HighLevel, LowLevel}			

#### 2.3. 対象事例

今回分析の対象とする,九州工業大学でのPSPトレーニングコースの講義では,次のような学生の望ましくない状況と対応方針が用いられていた.

- (1) SEI による PSP 修了基準(全課題完了)を満たさず にコースをやめる
  - TSP/PSP 報告会や産業界講師による講演といった産学連携を通じ、就職後も含めて PSP 修了の 重要性と魅力を伝える
- (2) 大学の単位修得要件(課題の 2/3 を完了)を満たさずにコースをやめる
  - 単位修得要件を明示し, 単位修得を促す
- (3) プロセスを改善できずに同じ誤りを繰り返す
  - 改善できない原因の究明の手助けをすると同時に、対応する指導を繰り返し行う
- (4) プロセスの改善点の一般化ができない
  - 回答を与えずに、気づくまで繰り返し指導を行う
- (5) 進捗が遅延し課題を予定通り完了できない
  - 毎回の講義開始時や事前に遅れが察知された時点で進捗を確認し、適宜(週単位で)講義日時の変更や追加説明を行う
- (6) 分析が不十分で適切な改善提案ができない

- 適宜気づきを促す助言を与える
- (7) Engineering のスキルの低さによりプロセス改善効果がでない
  - Software Engineering 視点で助言を与える

前述のような状態遷移をもとに実際の PSP トレーニングコースの指導の実践と改善を行うには、望ましい状態遷移を実現し、望ましくない状態遷移を回避するよう、インストラクタ役の教員が適切に受講者の状態を把握し適切な制御を行う必要がある。そのような指導について、前述の動機づけプロセスモデルと関連付けた指導シナリオを系統的に導くために STAMP/STPA のモデル化と分析の試みを行った。

## 3. システム理論によるモデル化と分析

表 1 のような要因の状態集合を持つ動機づけの状態 遷移の制御について、すべて要因の状態を展開して分析するのは困難である.制御の問題について、適切な抽象化を用いてモデル化と分析が可能な手法として、我々は STAMP/STPA に着目した.

#### **3.1. STAMP**

STAMP は、従来の解析的還元論や信頼性理論ではなくシステム理論に基づき、システムを構成するコンポーネント間の相互作用に着目したアクシデントの説明モデルである。STAMP のモデルは、次のような安全制約、階層的なコントロールストラクチャ、プロセスモデルという三つの基本要素で構成される。

- コントロールストラクチャ:システムの構成要素間の 構造と、相互作用を表したもの
- プロセスモデル:コントロールする側がその対象プロセスをコントロールするアルゴリズムと対象プロセスを(抽象化して)表現したもの

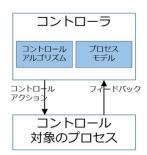


図 3 STAMP の基本的コントロールストラクチャ

• 安全制約:安全のために守るべき制約

STAMP での基本的なコントロールストラクチャとプロセスモデルの概略を図 3 に示す. 例えば、PSPトレーニングの講義の場合、コントローラがインストラクタ役の教員で、コントロール対象が受講者と考える. 一般には、そのような基本形を組み合わせて、システム内のコンポーネントの構造とそれらの間でやり取りされる制御の指示やフィードバックなどを表す.

STAMP では、このようなコントロールストラクチャとプロセスモデルに対して、システムの安全制約が正しく適用されているかどうかに着目する。STAMP では、安全に関するコントロールストラクチャがシステムの安全制約を守れず、システムがハザード状態になることでアクシデントが発生すると考える。STAMP での、アクシデント、ハザード、安全制約は以下のように定義されている[11].

- アクシデント:望んでもないし計画もしてない損失に つながるようなイベント. 安全工学の技法を出来るだ け広く適用する意図で STAMP では広めの定義とし ており,損失は,人命喪失,けが,物損,環境汚染, ミッション喪失,経済的損失といったものもアクシデ ントとして考えることができる.
- ハザード:環境のある最悪な条件の集合と重なることでアクシデントにつながるような、システムの状態もしくは条件の集合. ハザードは対象システムの境界内のものであり、システムの範囲、範囲外の環境との境界が明確になっている必要がある. また、ハザードが実際に損失につながるのは、組み合わさる、最悪の環境条件の存在が必要.
- 安全制約:ハザードが識別されると、それらからシステムを安全に保つための要件もしくは制約を導く.トップダウンに考える場合、まず高レベルの安全制約が導かれるがその段階ですべて確定するとは限らず、分析の途中でも導出、修正され得る.

STAMP 自身はアクシデントを説明するモデルであり分析技法ではないが、STAMP をベースとして、解析の道具立てやプロセスが複数提案されている. STAMP を用いた安全制約の分析は、人や組織の制御の問題にも適用できる. 例えば、ソフトウェアプロジェクトの場合、開発成果物に対してだけでなく、そのような成果物の開発プロセスや運用プロセスに対しても行うことができる.

#### 3.2. STAMP/STPA による指導の分析

STPA では STAMP モデルの前述の三つの要素を用い、コントロールを行う側とその対象プロセスとの間の相互作用において、安全制約が不適切であったり、守られ

ない状態になったりするシナリオを中心に分析する. STPA は典型的にはトップダウンに実施する方法である. 今回の場合も個々の要因の状態値の可能な組み合わせ を列挙するようなボトムアップ的なアプローチはとらず,まず回避したい状態をハザードとしてトップダウンに定義した上で分析を開始する.

ハザード分析を行う目的や段階の違いも含め、 STAMP/STPA の具体的な適用法には様々なバリエー ションがあり得るが、以下に典型的な手順の例を示す.

- Step0 準備 1: アクシデント, ハザード, 安全制約の 識別
- Step0 準備 2: コントロールストラクチャの構築
- Step1: 安全でないコントロールアクション(Unsafe Control Action: UCA)の抽出
- Step2:非安全なコントロールの原因の特定 このようなモデル化と分析を, PSP の指導に対して適 用することを試みた.

#### 3.3. STPA 準備

PSPトレーニングの講義の場合,コントローラがインストラクタ役の教員で,コントロール対象が受講者であるコントロールストラクチャを考える.動機づけプロセスモデルにおける状態遷移を考慮した指導シナリオを考えるために,被コントロール側に,図 1 の中の個人の動機づけプロセスが内在することとする.

コントローラである教員は、被コントロール側の受講生の状態をプロセスモデル変数として持ち、その値も参照した上で指導アルゴリズムにもとづき指導アクションを出す。指導アクションは、被コントロール側の動機づけ状態に直接的もしくは間接的な影響を与えると考え、受講生の状態の変化を把握し、コントローラ側のプロセスモデルの変数として保持している、受講者の動機づけ要因の状態変数の値に反映させる。(図 4 参照)

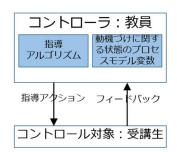


図 4 PSP 指導のコントロールストラクチャ

次に、アクシデント、ハザード、安全制約を決める. STAMP/STPA は安全工学の技法を広く適用できるよう意図されており、例えばアクシデントをある種のミッションの失敗とすることで、多様な問題に適用することが可能である. ここで、アクシデントは、受講者が受講を中止することとする. これは動機づけプロセスモデルでの欠勤や離職に相当する. ハザードは、パフォーマンス P に問題があり課題を実施できていない状態とし、何か最悪の条件が重なると履修中止になりかねないと考える. 安全制約は、指導に関するコントロールループで課題に関するパフォーマンス P にそのような問題が生じないこととする.

アクシデントに相当する受講中止のような行動と関係がある職務満足 J は、内的報酬 Rint、外的報酬 Rext、および、報酬公平度の認知 Requの積によって決まるものの、同時に、内的報酬や外的報酬が間接的に依存している努力 E を決定づけるものでもある、動機づけ M の要因にもフィードバックされるという、循環的な依存関係がある、状態の要因間の関係は単純な線形でも木構造といったものでもなく、まずどの要因に着目するか構造によって決めるのは容易ではない、STAMP/STPA は、アクシデントやハザードを決めトップダウンにモデル化と分析を行うため、動機づけプロセスの状態遷移における要因もトップダウンに分析できる。ハザードとの関連を考慮し、パフォーマンス P に問題がある状態をハザードとして系統的に分析を試みた[8]

このように考えることで指導アクションの検討に際し、 考慮すべき事項の再構築につながる. 前述の望ましくない状況と対応方針の中で, 以下をアクシデントに相当と 考える. 便宜上それぞれ A1, A2 とラベルをつける.

- (1) SEI による PSP 修了基準(全課題完了)を満たさず にコースをやめる (A1)
- (2) 大学の単位修得要件(課題の 2/3 を完了)を満たさずにコースをやめる (A2)

また,以下がハザードとその回避対策案に相当すると 考える. 便宜上,ハザードに H1 とラベルをつける.

- (5) 進捗が遅延し課題を予定通り完了できない (H1)
  - 毎回の講義開始時や事前に遅れが察知された 時点で進捗を確認し,適宜(週単位で)講義日時 の変更や追加説明を行う

#### 3.4. STPA/Step1 非安全なコントロールアクション

前述のようにアクシデント, ハザード, 安全制約, コントロールストラクチャを定めた後, コントローラからのアクションのうち次の 4 タイプの非安全なコントロールアクションを識別する.

- 1. 与えられないとハザード (Not Providing causes hazard): 安全のために必要とされるコントロールアクションが与えられないことがハザードにつながる.
- 2. 与えられるとハザード (Providing causes hazard): ハザードにつながる非安全なコントロールアクション が与えられる.
- 3. 早過ぎ, 遅過ぎ, 誤順序でハザード (Too early/too late, wrong order causes hazard): 安全のためのもの であり得るコントロールアクションが, 遅すぎて, 早すぎて, または順序通りに与えられないことでハザード につながる.
- 4. 早過ぎる停止,長過ぎる適用でハザード (Stopping too soon/applying too long causes hazard): 連続的,または非離散的なコントロールアクションにおいて,安全のためのコントロールアクションの停止が早すぎる,もしくは適用が長すぎることがハザードにつながる.

PSP のトレーニングコースの公式の教材に沿った指導の場合でも、誤った前提にもとづく不適切な説明を伴った指示や、受講生や作業環境などの準備が整っていない状況での指示は非安全なコントロールアクションになり得る. 前述の H1 に相当する状況での対処について、ハザードになり得る指導について検討する. 以下を最初の対象アクションとして検討を開始する.

- 遅れを察知する
- 進捗を確認する
- 講義スケジュールを変更する
- 追加の説明を行う

例えば、上記の「追加説明を行う」でも以下のように非 安全なものとなり得る.このような分析は表形式で行うこと が多い(表2参照).

- 1. 与えられないとハザード: 努力をパフォーマンスに 結びつけるには追加の説明が必要なのに与えられ ずハザードに.
- 2. 与えられるとハザード: 望ましい状態遷移が起こさないような不適切な方法で追加説明を行いハザードに.
- 3. 早過ぎ, 遅過ぎ, 誤順序でハザード: 不適切なタイミングや, 誤順序での追加説明でハザード
- 4. 早過ぎる停止, 長過ぎる適用でハザード: 追加説明 指導だと該当はない. (例えば, プロセスデータを提 出させる, といった進捗状況の把握のための継続的 な指導を早くやめるなどする場合にハザード)

#### 3.5. STPA/Step2 非安全なコントロールの原因の分析

非安全なコントロールを識別したのち、それにつながるシナリオを考え原因を識別する。安全制約を保つためのコントロールループやその構成要素を確認し、以下のような点を分析する。(例は図 5 参照)

- 1. プロセスモデルが正しくなくなってしまう原因も含め、 どのようにして非安全なコントロール, ひいてはハザ ードにつながるかを, 分析する.
- 2. 必要なコントロールアクションが与えられたにもかかわらず、適切に実行されない原因を分析する.

例えば必要な追加説明が与えられない場合,教員がその必要性を認識できない状況に至った原因,例えば受講生や作業環境などの準備が整っていない状況を把握できなくなるなどの原因を分析する。また,前述の四つのパターンに加え,一見妥当に見える指導アクションでも,受講生の振る舞いが期待と異なる場合,その原因を探るなどする。STPA/Step2 は一般に対象問題領域の専門知識を必要とし、Step0 や Step1 とくらべて手順を定型化するのが困難とされている。

さらに、今回の検討事例の場合、人である受講生の動機づけの問題であり、動機づけプロセスを状態遷移機械でモデル化したとしても、受講生の振る舞いは機械のものでなく、決定的なものとしては扱えない。そのような問題の分析にあたり、質的研究アプローチ、特に GTA (Grounded Theory Approach)を用いることとした[12].

## 4. 質的アプローチの併用

今回の事例では、指導アクションの対象が人であり、その振る舞いについて理解する必要がある。そのため、STAMP/STPAの Step2において、質的研究アプローチを併用した。質的研究アプローチは、現象が起こるプロセスや文脈を重視し、質的な理解や説明、解釈を求めるもので、質的研究でもデータを重視するが、データは当事者の会話や観察などである。そのような質的研究アプローチの中でも、単なる記述や印象の議論でなく、インタビューや観察などにより得られたデータの分析法を提唱している GTA を用いた。

#### 4.1. Grounded Theory Approach

大学での PSP コース受講者は、講義担当以外の教員に加え、クラスメート、研究室の先輩や指導教員などからなる小さな社会に属していると考えることができる. そのため、社会的な現象が生じる仮説や理論の構築も想定した

GTA が適していると考えた. GTA は、最初の提唱の後、様々な異なる方法が提唱され、唯一絶対の GTA と言えるものはない. しかしながら、基本的に、データ収集で得られた結果をまずテキスト化した上で、特徴的な単語などをコード化し、コード化されたデータに基づいてカテゴリやその間の関係を分析し、現象が生じる仮説や理論を構築する. その手順はおおよそ次のようなものである.

- リサーチクエスチョンの設定
- フィールドデータの収集
- データに対するコーディング
- カテゴリ抽出および関連の分析
- 適宜,フィールドデータ収集から繰り返す

#### 4.2. 適用

分析対象プロセスの変遷の違いが生じる状況を分析 する意図の下,協力が得られた受講経験者八名を二群 に分け,データの収集以降の分析を二度繰り返した.

#### リサーチクエスチョン

リサーチクエスチョンは、「コースの進行に従ってどのように受講者の動機づけが変遷するのか」とした.

#### フィールドデータの収集

受講経験者に、「受講のきっかけと、受講時の状況、 完了の見通し」について半構造化インタビューを行った.

#### データに対するコーディング

データの分析に対する考え方の違いにより具体的な GTA に様々なバリエーションがある. 今回は、プロセスや その変化に着目したものを用いた. 特徴的な単語やフレーズとして、開発プロセス体験、時間的高コスト、チーム プロセスによる開眼、指導の教員による差、などがあった.

#### カテゴリの分析

高レベルのカテゴリとして,想定済みの肯定事項,想 定済みの否定事項,追加的な肯定事項,追加的な否定 事項,を抽出した.

これらの結果を用い、動機づけの観点から、非安全な 指導シナリオの分析を行った.その結果、それまで気づ いてなかった指導の問題、例えば、課題の評価や再提 出に関する指導法の一部が不公平感を生じさせ、受講 者の動機づけを低下させる問題を発見することができた.

## 5. おわりに

本論文では,組織論的期待モデルをベースに定義,

拡張されてきた、PSP の教育コースを対象にした動機づけプロセスの実践的状態遷移モデルを、実際の教育の改善に活用するための方法を提案した。動機づけの状態遷移モデルを用いることで、指導の指針を立てやすくなるものの、状態遷移機械とみなした学生が望ましい状態遷移を実際に起こすような指導を実現することは必ずしも容易ではない。本発表では、システム理論に基づくSTAMP/STPAと質的研究アプローチの一つであるGTAを組み合わせて用いることで、このような課題を解決すること提案した。提案手法の試行の結果、これまで見落としていた指導方法の問題を発見できた。今後もGTAでの理論的な飽和を目指し、データの収集と分析を繰り返す。

# 参考文献

- [1] Humphrey, W. S. (秋山義博監訳 JASPIC TSP 研究会訳). PSP ガイドブック:ソフトウェアエンジニア自己改善. 翔泳社. 2007.
- [2] Humphrey, W. S., Introduction to the Team Software Process. Addison-Wesley. 1999.
- [3] Humphrey, W.S., TSP: Leading a Development Team. Addison-Wesley Professional. 2005.
- [4] 梅田政信, 片峯恵一, PSP/TSP による実践的な ICT 人材育成の取り組み, 情報処理学会誌, 53(10), 1084-1087. 2012.
- [5] 石橋慶一,動機づけプロセスの状態遷移モデルによる人的資源マネジメントに関する研究,博士論文, 九州工業大学. 2013.
- [6] 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, 信学技報, KBSE2013-10, 55-60. 2013.
- [7] Leveson, N.. Engineering a Safer World. MIT press, 2012.
- [8] 日下部 茂,梅田 政信,片峯 恵一,石橋 慶一, ソフトウェアプロセス教育向け動機づけモデルをシ ステム理論に基づく STAMP/STPA により効果的に 活用する手法の提案,プロジェクトマネジメント学会 2017 年度秋季研究発表大会,2017
- [9] Lawler, E. E. (安藤端夫訳), 給与と組織効率,ダイヤモンド社, 1972.
- [10] 坂下昭宣, 組織行動研究, 白桃書房, 1985
- [11] Thomas, J. and Leveson, N. STPA Primer ver.1 http://psas.scripts.mit.edu/home/home/stpa-primer, 2015.
- [12] Willig, C. Chapter 7 Grounded Theory Methodology in Introducing Qualitative Research in Psychology, Open University Press, 2013

表 2 非安全なコントロール(指導)アクション分析

アクション	与えられないとハザード	与えられるとハザード		早すぎる停止, 長すぎる適 用でハザード
追加説明を行う	努力を遂行に結び付ける ために必要な追加の指導 が与えられずハザード HI	ないような不適切な方法で	順序での追加説明でハザ	
	ために必要な追加の指導	ため望ましい状態遷移が		継続的実施の必要がある 遂行の指導を早くやめす ぎるなどでハザード

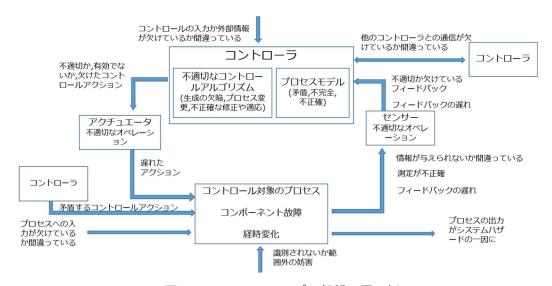


図 5 コントロールループの齟齬の原因例