



# 組織活動における作業変容の記号論的プロセス分析

榎木 哲夫\*<sup>1</sup> · 塚本 智司\*<sup>1,\*2</sup> · 堀口 由貴男\*<sup>1</sup> · 中西 弘明\*<sup>1</sup>

## Semiotic Process Analysis of Dynamic Transformations in Work Procedures Within Organizational Activities

Tetsuo SAWARAGI\*<sup>1</sup>, Satoshi TSUKAMOTO\*<sup>1,\*2</sup>, Yukio HORIGUCHI\*<sup>1</sup>,  
and Hiroaki NAKANISHI\*<sup>1</sup>

**Abstract**— A new method to analyze transformation processes of work procedures for on-site workers engaged in organizational activities, based on the concept of the four levels of contradictions, is proposed. Various contradictions, i.e., misfits between components of the activity system, might arise out of and propagate throughout their activities, then induce some sorts of changes in the procedures for the better or for the worse. The proposed method, focusing on the negative aspects of such procedure transformation, represents every phase of a changing activity in terms of a diagrammatic triangle of Engeström's *activity theory*, thereby visualizing the process of its changing with latent contradictions can contribute to the in-depth analysis of *organizational accidents*. Within organizations, a human plays variable roles as an agent that is an actor, an observer, a cognizer, and an interpreter, which produces a complex organizational behavior. In order to model this, we introduce the subject of C. S. Peirce's *semiosis*, which is any form of activity, conduct, or process that involves signs, including the production of *meanings*. The criticality accident occurred at the nuclear fuel conversion facility of JCO (1999) is employed for an illustrative case to explain this method's capabilities.

**Keywords**— semiosis, activity theory, accident analysis, work analysis

### 1. はじめに

新しい機器やシステムの導入、ニーズの変化などを受け、生産現場や医療現場など「現場」と名のつく場所での作業変容は著しい。このような作業変容は、現場とそれを取り巻く環境や組織との関わり合いから生まれる。すなわち、組織には複数の実践共同体が存在し、それらの実践を無視して開発された手順や機械システム等の人工物は、彼らに受け入れられないか、あるいは彼らの活動を阻害するものとして立ち現れ、ときに重大事故に繋がることすらある。普遍的合理性を体化したはずの人工物が、組織の中での異なった世界観を有する人間の解釈にさらされ、設計者の意図とは異なる解釈がなされることがその原因である。

一方、知の統合とその活用による科学技術イノベーション創出の体制を、科学技術システムとして整えるこ

との必要性が叫ばれており、さまざまな企業におけるイノベーション事例の調査も展開されている [1]。そこでイノベーションは、「科学的発見や技術的発明のみならず、これを人間の洞察力と融合することで発展させ、新たな社会的・経済的価値を生み出す革新」(第3期科学技術基本計画)として定義されるが、これを可能にするのは科学技術、洞察力を発揮できる人材の存在に加え、これを取り巻く組織風土のあり方が寄与するところが大きい。

組織過誤やイノベーションに特徴的なのは、自らを取り巻くところの対象環境や社会を主体的に意味づけ、価値づけ、自らの棲む世界として秩序化していくことができる能力を有する人間の介在があること、そしてその活動自身が、取り巻く文脈からの強い影響を受けるという点にある。従って、組織による過誤や革新といった「コト」の一般的過程を明らかにしていくためには、解釈や洞察といった人間固有の「主体性」が介在することで誘導される組織的な動的過程を明らかにする必要がある。

本論文では、このような人間の介在する組織的な動的過程のモデリングに当たり、その基本概念を C. S. Peirce の「記号過程(セミオーシス)」[2,3]に求める。ここで

\*<sup>1</sup> 京都大学大学院 工学研究科

\*<sup>2</sup> 同上修士課程修了後、現在、トヨタ自動車株式会社勤務

\*<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Kyoto University

\*<sup>2</sup> Currently, Toyota Motor Corp.

Received: 16 August 2007, 9 September 2007

記号とは、モノを代理し現実を固定的かつ一義的に表現する手段としての記号ではない。「実体」と「記号」が二項関係で完結してしまうことなく、記号が媒介することで意味が変遷を繰り返すという点(事物の多義性としての象徴表現)が記号過程の重要な特徴である。これを明確にするために、記号過程では、あえて「解釈」という項を付加する。これによって実体と記号との関係は一对一の不変な関係というものではなくなる。第三の「解釈」項に当たるのがこの「実体と記号の関係」を上位で規定している合目的系(あるいは価値の次元)の存在であり、その支配下で初めて構造/機能の関係が確定される。生物を構成する物質の分子も、生命活動という文脈におかれて本来の機能を発現する。たとえ同一の物質であっても、その意味する内容はそれがおかれている系の文脈によって異なり、各分子がそれぞれ単独に存在するときには持たない役割や意味を持った固有な領域を作りあげる。このような記号過程は、社会関係を介した組織内での人間活動や、人間と人工物を共存させるシステムの設計においても普く通底する過程であり、設計対象物の固有の「実体的特性」の設計のみに注目する従来の機械論的設計論に代わり、過程・機能の「関係的特性」に根差した新たなシステム設計論への転回をはかる上で、その理論的基盤を提供する。

本論文では、組織事故やイノベーションに関わる組織動態を、記号の生成・利用のダイナミズムの観点から捉え、主体・対象・社会(共同体組織)の間の動的な相互作用を経て過誤や革新が生み出される一般的過程について究明する。そのために、実践共同体にいる人々が自らの実践のベース(人工物、分業、規範、動機付け等の実際)を視覚化し、それらの間の相互作用とその変化を管理していくための活動理論に基づくシステム方法論を開発する。この提案手法を用いて組織要因の関わる事故(JCOの臨界事故, 1999年9月30日)を分析し、それが諸要素間の動的な相互作用の産物として引き起こされる様子を顕在化させた分析結果について報告する。なおイノベーションに関する分析については、紙面の関係から本稿では扱わず、別稿に委ねる。

## 2. 組織事故

組織事故は、J. Reason [4] により提唱された“Organizational Accidents”の概念に対する訳語である [5]。これは、事故の隠れた、本質的原因を組織の中に求めようとする考え方である。現在までに組織事故に対するさまざまな分析手法が提案されているが、従来の安全性解析では原因-結果関係をたどったり、潜在的因子を同定したりといった、単一の原因を探る、もしくは複数原因をくまなく洗い出すものであった。しかし、組織事故の要因

として重要なのは、潜在的要因(latent condition)、すなわち、第一線の人間の不安全行為を助長する組織に潜在する要因である。複雑なシステムの中で働く人間は、個人を対象とした心理学の範囲では説明できない何らかの理由でエラーや規則違反などの不安全行為を行うが、その原因は組織の中に潜在し、不安全行為などによって異常が発生しない限りその存在は表出しないという特徴を持つ。潜在的要因は静的にただ潜んでいるのではなく、水面下で要因同士が動的に相互作用しながら変化していく。この変化の過程が、現場第一線の作業の変容を招き、最悪の場合事故に至る。

我々はこれまでに、ハイテク航空機の自動化に伴う事故を題材に、作業遂行上の突発的なゆらぎが重なることで、それらが増幅し、共振的に作用しあうことで事故に至ってしまうという創発型の事故(systemic accident)の解析手法を提案している [6]。ある非線形な物理システムでは、適度な強度を持つノイズがシステムに加わることにより、システムの反応が向上するという現象が確率共鳴(probabilistic resonance)の現象として知られている。通常は観測されないような微弱な信号に非線形な入力(ノイズ)が加わることによって、共鳴現象が起き、観測可能な信号として立ち現れてくる現象である。人間-機械系をとりまく環境の中にも多くの変動要因が存在しており、それぞれがゆらいでいる。環境要因のゆらぎが加わることで、人間と機械の協調作業の中でのゆらぎと共鳴が起き、もともとは信号として表出するほどの大きな異常ではなかったものが、人間の操作の逸脱や、機械の不具合として露呈するほどに成長し、直接の事故要因となりうるものに増幅される。このような事故を対象として、我々は事前に不安全要因を同定するための手法を開発し、1995年にコロンビアで起きたカリ空港事故を対象とした解析を行っている [7]。創発型事故は、通常のヒューマンエラーのようにあるとき突然発生するような一過性のもではなく、目に見えない形で、しかも長い時定数でもって徐々に進行していくのが特徴で、この意味において組織事故もその典型である。

本論文では、様々な間主観性(inter-subjectivity)を有する複数の実践共同体を視座に入れ、そこにおける意味の創発過程を記号過程(セミオーシス)としてとらえるシステム方法論を提案する。間主観性とは、「複数の主体が有する主観の間で共通に成り立つこと、事物などの客観性を基礎づけるもの」である [8]。これにより、主体と対象に加え、社会(共同体)を加えた三項関係を基礎に、これらの間の相互作用とその変化について考えていく。人間の活動は、組織の中で発達していく動的な過程である。組織においては、個人が組織の中でさまざまな社会的相互作用を通じて発展的にその認知構造を変化させ、自己の位置づけを変容させていく。上述の間主観

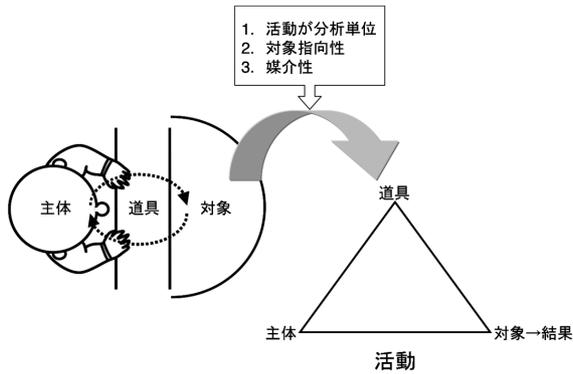


Fig. 1: Activity structure derived by three principles

性が、各主体の共同体への帰属の度合いによって、協応から協働へ、そして反省的コミュニケーションへと変遷を遂げる過程である。そしてこの特徴が集団としての運動法則や組織のダイナミクス、ひいては組織文化の形成を決定づけている。本論文では、このような個人や共同体の解釈の変遷の過程と、組織におけるルールや分業との関係性をも考慮していくことにより、変化を起こす能動的個人と組織が相互に関係しながら変化する過程について明らかにする。

事故や安全についての研究ではこれまで、安全性評価手法として人間信頼性評価 (Human Reliability Analysis) が著名であり、信頼性を定量的に評価するシステム的な取り組みが多くなされている [9]。例えば、THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) [10] は、システムを構成する各種コンポーネントの作動・不作為・誤作動などの確率評価に加え、人間がとるべき行動から逸脱する確率を評価した手法である。さらに「状況」や「組織」の要因を考慮に入れた信頼性評価法として CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) [11] がある。本論文では、以上に挙げたような確率論による安全や信頼性の枠で事故を評価するのではなく、事故が諸要素間の動的な相互作用の産物として引き起こされる様子を顕在化させ、事故に至るまでのメカニズムをモデル化することを試みる。いわば従来のモノやヒトを対象にした信頼性評価手法から、コトを対象にした信頼性評価への転回である [12]。

### 3. 活動理論に基づく分析フレームワークの提案

#### 3.1 活動理論の原理と活動の構造

活動理論 (activity theory) は、L. Vygotsky らの心理学に起源を有し [13]、Y. Engeström によって発展させられた理論である [14]。活動理論は理論という言葉で意味するものと異なり、基本原理の集まりであり、具体的な

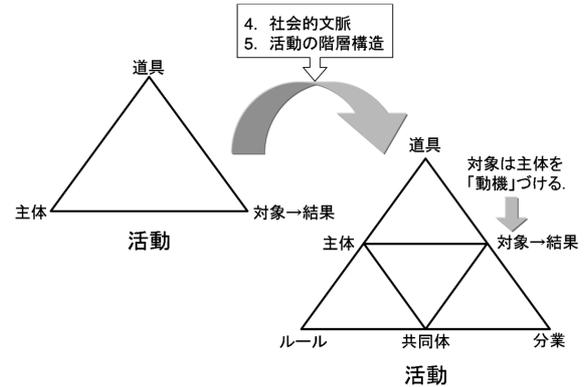


Fig. 2: Expanded Activity structure

理論を開発するために利用できる一般概念システムを構成している [15]。

Vygotsky らの活動理論の中核をなす原理は、「活動が分析単位」、「対象指向性」、「媒介性」、の3点である。活動理論では、「活動」を一意に決定づけるのは、「対象」であり、「動機」である。そして、人の対象への働きかけは「道具」によって媒介される。つまり、活動は人-対象の単なる二項関係ではなく、道具が介在する三項関係で定義される。活動の構造がこれらの原理から導かれる様子を示したのが Fig. 1 である。ここで述べる道具には、物理的ツールだけでなく、記号、言語、概念などが含まれる。

Engeström は上述の3つの原理にさらに「社会的文脈」、「活動の階層構造」という原理を導入し、Vygotsky らの活動理論を発展させた。前者の原理は、人間の活動が集団の他のメンバーとの関係が無ければ成り立たないことを意味している。そして活動の階層構造としては、「活動」は動機に関係づけられ、これを構成する「行為」は目標に関係づけられ、さらに最小単位となる「操作」は条件に関係づけられるものとして定義される。操作は人間の条件反射的な行いであり、行為は意識的な行いとされる。これらの原理の導入により、Fig. 1 の三角形に共同体の項が付与され、また、ルールが主体と共同体とを、分業が対象と共同体とを媒介する項として新たに加えられることで、Fig. 2 右に示される活動の最小単位へと拡張される。

#### 3.2 活動の発展的・歴史的变化と4つの矛盾

活動理論では、活動の単位を Fig. 2 に示した構造として捉え、活動の発展をこの構造の中ならびに複数の活動の間で発生する「矛盾の連鎖」を追跡する。活動理論においては、「矛盾」は「価値観の競合」という意味合いを持ち、矛盾の4つのレベルが定義されている。そして、「活動は4つの矛盾を経てある活動から別の活動へと発展していく」と考える。

第1の矛盾 この矛盾は、Fig. 3 において「1」という数

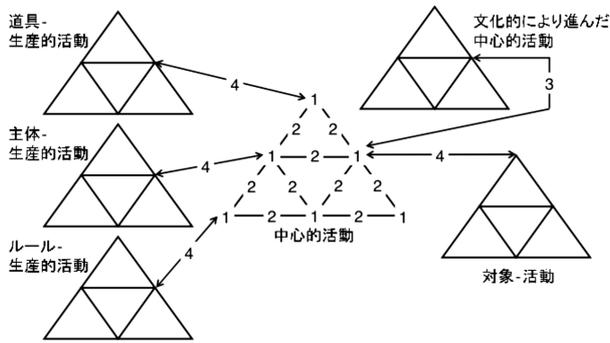


Fig. 3: Four levels of contradictions (文献 [14] p. 92 より引用)

字で示した，活動の三角形の各頂点内での矛盾である．この矛盾はまた，各頂点内での二重性とも呼ばれる．  
 第2の矛盾 第2の矛盾は，Fig. 3において「2」という数字で示した，各頂点同士の間に見える矛盾である．  
 第3の矛盾 第3の矛盾は，Fig. 3において「3」という数字で示した，文化の体现者が文化的により進んだ中心的活動の対象と動機を現在優位にある中心的活動に導入するときに現れる矛盾である．  
 第4の矛盾 第4の矛盾は，Fig. 3において「4」という数字で示した，もともとの研究対象である中心的活動とリンクしている重要な「隣接する活動」との間の矛盾である．「隣接する活動」には，以下の4つが存在する．

- (1) 対象-活動：中心的活動の対象と結果が，道具として機能する活動
- (2) 道具-生産的活動：中心的活動にとっての主要な道具を生み出す活動
- (3) 主体-生産的活動：中心的活動の主体についての教育や学校教育のような活動
- (4) ルール-生産的活動：行政や法制のような活動

### 3.3 拡張的移行のサイクル

拡張的な移行のサイクル (Fig. 4) は，社会-文化的にみて新しい活動の生成の過程 (活動1から活動2への移行) をたどるものである．

活動の発展の第1段階は「欲求状態」であり，これは第1の矛盾状態に等しい．主体が活動の三角形の各頂点内の二重性に直面している段階である．そして，三角形のいずれかの頂点に変化が生じると頂点間の第2の矛盾に発展していく．活動理論では，この矛盾をダブルバインドの段階として捉える．

「対象/動機の構成」の段階は，ダブルバインドの制約を破り，新しい活動を構成するためのスプリングボードとして機能する新しい道具を見出すことから始まる．「スプリングボード」とは「促進的イメージ，技術であ

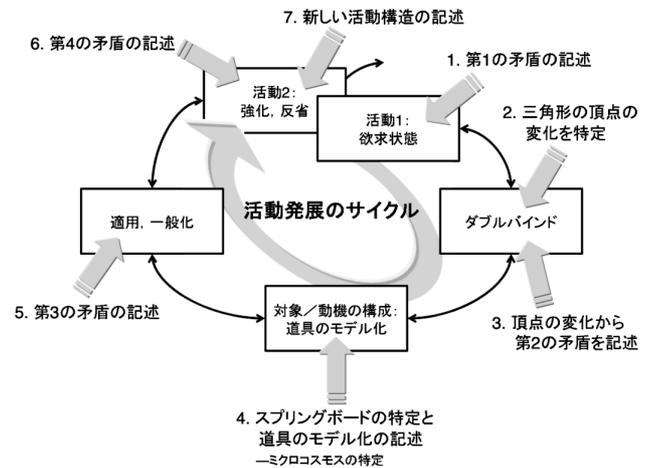


Fig. 4: Expanded activity cycle

り，ある前の文脈における鋭い葛藤ないしダブルバインド的な特徴から，新しい，拡張的な移行的活動の文脈に誤って置かれたもの」と定義される．つまり，ダブルバインドを解決する手がかりにつながる「偶然の」出来事と言える．

そして，スプリングボードを見出すためにマイクロコスモスが形成される．「マイクロコスモス」とは「新しい形式の活動に基づく共同体のミニチュア」であり，新しい活動の社会的な試験台である．このマイクロコスモスは活動の発達とともに変容する．この新しい道具 (スプリングボード) をきっかけに，三角形の各頂点が一変され，「与えられた新しい活動」の構造が得られる．「与えられた」という表現は，新しく形作られた活動はこの段階では限られた共同体の中でしか機能しておらず，まだ社会的な文脈の中に置かれていないことを意味する．

最後の「適用と一般化」の段階では，「与えられた新しい活動」はマイクロコスモスを脱し，社会的な文脈の中に置かれ始める．主体は，実際に与えられた新しい活動のモデルに対応する行為を実行し始めるが，多かれ少なかれ，古い活動の抵抗形態や動機からの影響を受ける (第3の矛盾) ．

このような変容を経て生成された「活動2」の段階では，新しい活動形態は社会的な文脈の中で新しいルール，共同体，分業を形作りながら修正されていく．そして，活動構造の全ての頂点が定まると，次には，隣接する諸活動との間の矛盾にさらされる (第4の矛盾) ．第3，第4の矛盾を経て「与えられた新しい活動」は「創造された新しい活動」となる．この活動がさらに強化されると，再び欲求状態へと移行する．

### 3.4 事例分析フレームワーク

本論文では，上述の拡張的移行のサイクルを具体的な事例に適用できるように手順化する．

**Step1: 分析の対象とする活動を設定する**

分析の対象とする活動を設定し、その活動の「主体」と「対象」を決定する。次に、活動の三角形構造に基づき、「道具」、「共同体」、「ルール」、「分業」の頂点をそれぞれ決定する。主体と対象以外の項については、分析を進める上で変更が必要な場合も生じる。

**Step2: 設定した活動に関する時系列を整理する**

分析する事例の時系列の範囲を定める。ここでは、分析する時系列の始まりと終わりを決定するだけでなく、そこに至る経過を整理することが以後の分析を助ける。

**Step3: 整理した事象の時系列を拡張的移行のサイクルに翻訳する**

分析対象の活動が拡張的移行のサイクルに従って変容していく様子を、サイクルの各段階を活動の三角形構造を用いて図示することで可視化する。

1. 第1の矛盾の記述 活動の参加者によって経験される欲求状態と第1の矛盾(二重性)を特定し記述する。
2. 三角形の頂点の変化を特定 第1の矛盾状態からダブルバインド状態に発展するとき、活動の三角形のいずれかの頂点に変化が生じる。ここではこの変化を特定し記述する。
3. 頂点の変化から第2の矛盾を記述 変化のあった頂点と隣接する頂点に着目し第2の矛盾を記述する。
4. スプリングボードの特定と道具のモデル化の記述 新しい道具がモデル化されるきっかけとなるスプリングボードを特定する。またここでは、「スプリングボード」の概念を拡げ、問題を解決に向かわせる手法や、道具そのものもスプリングボードに含むと考える。さらにスプリングボードが見出されたミクロコスモスを特定する。
5. 第3の矛盾の記述 古い活動を支持する勢力から受ける抵抗(第3の矛盾)を記述する。
6. 第4の矛盾の記述 中心的活動と隣接する諸活動との間の第4の矛盾を記述する。
7. 新しい活動構造の記述 第3,第4の矛盾を経て、新たなルール,共同体,分業が定まる。ここでは「創造された新しい活動」を活動の三角形構造で表す。新しい活動は、再度、欲求状態に移行し発展していく。

**Step4: 分析の結果を考察する**

得られた分析結果は、作業変容の過程が明示されたものとなっている。分析結果の評価については、次節以降で行う事象の解析を通して述べる。

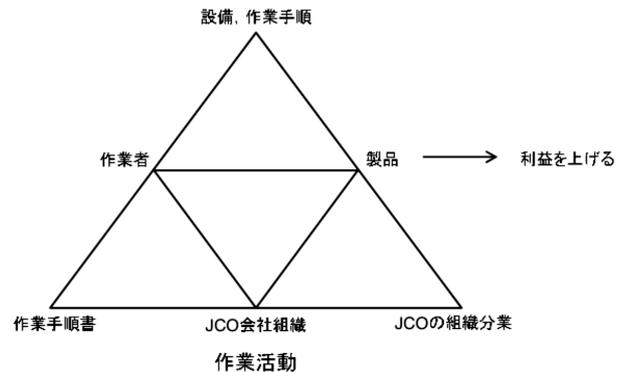


Fig. 5: Activity structure of JCO

**4. 作業変容のプロセス分析****4.1 JCO 臨界事故の分析**

本節では、1999年茨城県那珂郡東海村にある株式会社JCOの核燃料加工施設において発生した臨界事故を分析する。この事故は機器設備の故障や誤動作ではなく、正規の手順を逸脱した作業員の不安全行為が直接原因として起こったものである。さらに、この背後にJCOや安全行政の組織要因の存在が明らかとなっている。ここでは、事故原因として挙げられている「事業変更の認可を受けていないマニュアルを使用していたこと」に焦点を当て分析結果を示す。

**4.2 分析の対象とする活動と関係する事象の整理****Step1: 分析の対象とする活動を設定する**

工場内での作業員の不安全行為が事故の直接の原因であることから、分析対象の活動として、事故のあった転換試験棟での作業活動を設定した。この活動の「主体」は工場内の作業員、「対象」は製品となる高速増殖実験炉「常陽」用の燃料である。そして、この活動の道具は工場内の設備と作業手順である(Fig. 5)。

**Step2: 設定した活動に関する時系列を整理する**

分析の対象とする時系列の範囲は、JCOが高速増殖実験炉「常陽」用燃料を加工する認可を得てから臨界事故に至るまでとする。作業活動に関する事象の整理には、日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会JCO事故調査特別作業会により編集された資料を参考にした[8]。不安全行為に相当する作業手順に至るまでに4段階の大きな作業手順の変更が行われた。この4段階の作業手順変更の経緯について簡単に述べる。

まず、許認可上の作業手順(作業フロー1)として、専用設備を導入せず現存設備で代用することで考案されていた。操業開始に先立ち、発注者から製品の仕様に対して新たな要請があり、作業フロー1では想定していなかった量の製品溶液の濃度を一度に均一化する必要が生じた。そこで、クロスブレンディング法と呼ばれる均一

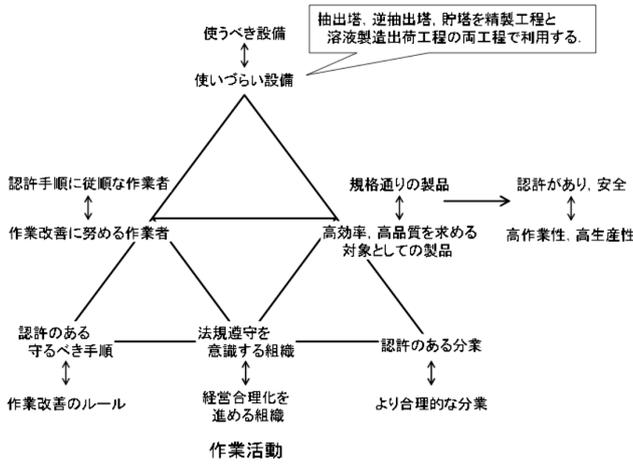


Fig. 6: First contradiction

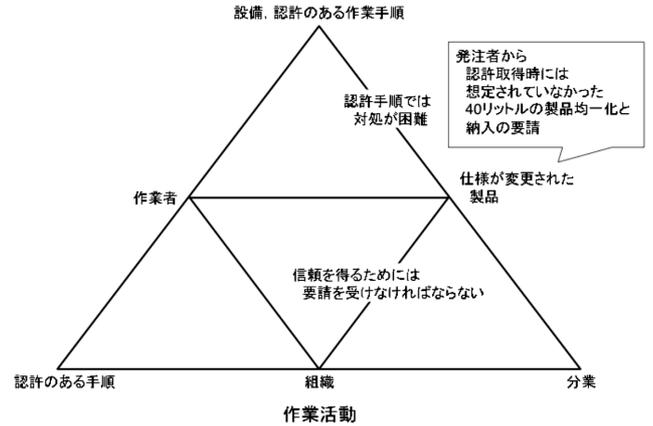


Fig. 7: Second contradiction

化作業を含む作業手順（作業フロー 2）が考案された。作業フロー 2 では、溶解塔と呼ばれる設備を 2 つの工程で重複して利用するため、溶解塔の洗浄が必要であった。この作業の非効率性から、SUS パケツを使用する手順（作業フロー 3）が考案された。さらにクロスブレンディング法と呼ばれる製品均一化作業が煩雑なことに起因して、一度に均一化ができる貯塔と呼ばれる設備が使用された（作業フロー 4）。この段階で、臨界管理に必要な質量管理（質量を制限して臨界を防ぐ手法）の機能が失われた。その後、現場作業員らは均一化作業をより早く行おうと、攪拌機の付いた沈殿槽を使用した（作業フロー 5）。沈殿槽では形状管理（形状を制限して臨界を防ぐ手法）がなされておらず、臨界の防止に必要な質量管理と形状管理の両機能が失われた結果、事故に至った。

Step3: 整理した事象の時系列を拡張的移行のサイクルに翻訳する

作業手順の 1 回の改変を Fig. 4 における活動 1 から活動 2 への移行と捉え、事故に至るまでの経過を 4 タームに区切って分析した。ここでは作業フロー 1 から作業フロー 2 に至るまでの分析結果を示し、それ以後の手順改変については概要を述べる。

#### 4.3 作業変容のプロセス分析 -1984 年度 ~ 1989 年度-

現存設備使用の手順がもたらす第 1 の矛盾 加工の認可を得た当初（1984 年度）、「常陽」用燃料の製造は不定期にしか発注がないために、専用設備を導入せず現存設備で代用するという経営判断がなされた。現存設備で代用した作業手順（作業フロー 1）は、正式に認可を得ていた。作業フロー 1 で製品を製造する場合に生じる第 1 の矛盾は、Fig. 6 のようになる。主体である作業員が直面している二重性は、「認可を得ている手順書に従い、

正確に作業を遂行すること」と「高効率化、高品質化を目指して作業改善に努めること」である。対象となる製品の二重性は、前者の観点から見出される「規格通りの製品」と後者の観点から見出される「高効率、高品質を求める対象としての製品」である。次に「道具」、「共同体」、「ルール」、「分業」といった各項に着目して二重性を決定した。Fig. 6 に見られるように、活動構造決定のための各頂点の記述（「活動レベル」の記述）だけでなく、「行為レベル」の記述（つまり、各頂点の記述をさらに具体化するような表現）を吹き出しなどを用いて表現することが、活動構造の質的な変化を捉える上で有効である。

製品仕様の変化がもたらす第 2 の矛盾 操業開始に先立ち、製造者には発注者から認許取得時には想定されていなかった製品仕様を要請された。この対象の変化がもたらす第 2 の矛盾状態を表したのが、Fig. 7 である。製品の仕様が変わっても、作業手順を急には変えることができない。そのため、三角形の道具-対象（作業手順-製品）間に第 2 の矛盾が生じる。さらに、JCO の組織と製品との間の関係も変化し、この間に第 2 の矛盾が生じる。クロスブレンディング法の確立 Fig. 7 のダブルバインドの状態は、クロスブレンディング法の確立により解決された (Fig. 8)。ここで、マイクロコスモスを経営者と作業管理者のコミュニティとした。発注者からの要請を受けて、1986 年 6 月初旬に JCO からクロスブレンディング法が提案されて工程に組み込まれたとの調査結果があることから [16]、この手法の導入には、作業管理者や経営者の判断が寄与したと考えることができる。マイクロコスモス内では、発注者の要請に応えるための手順がルール化していた「道具」の項に着目すると、作業員の「行為」レベルでの変化が見られる。従来重複使用していた設備の洗浄作業を除外でき、効率性向上の故に発注者の要請に応えることができるようになった。図中で、ルール-主体、ルール-共同体、分業-共同体、分業-対象間が

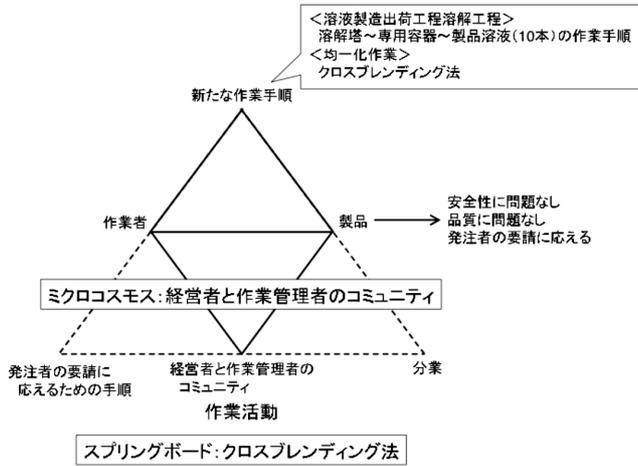


Fig. 8: Cross-Blending method

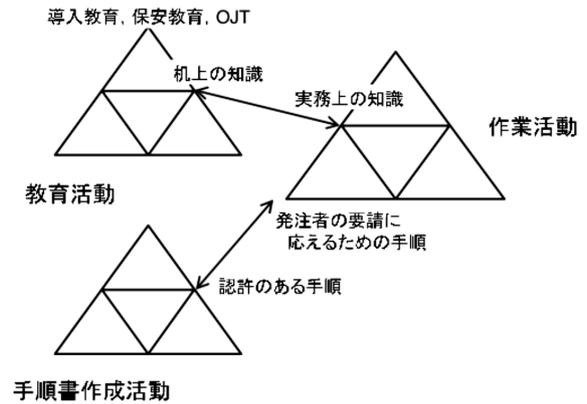


Fig. 10: Forth contradiction

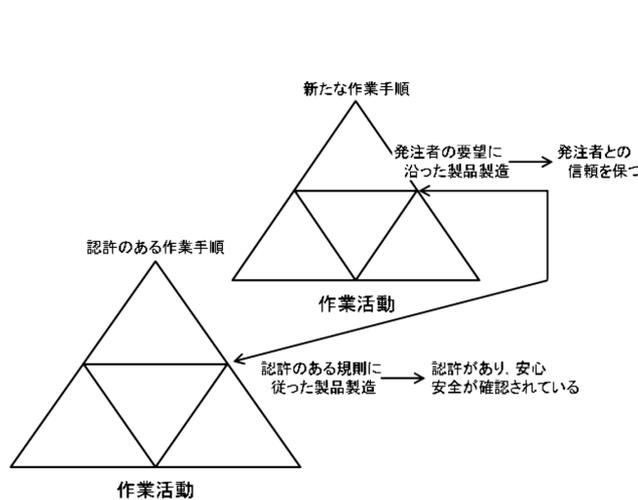


Fig. 9: Third contradiction

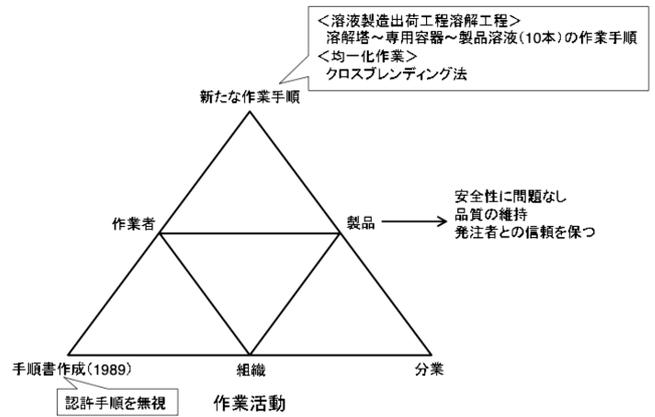


Fig. 11: Newly established work procedure

点線なのは、導入された新しい道具は、まだマイクロコスモス内でしか機能しておらず、ルールや分業が社会的に未発達であることを表している。マイクロコスモスが個人の中に閉じていれば、主体-共同体間と対象-共同体間もさらに点線で表現されることになる。

新旧の作業間の第3の矛盾 新しく形作られた活動システムが実際に適用されると、古い活動と新しい活動の間に第3の矛盾が生じる (Fig. 9)。古い活動は認許があるため、安心であり安全が保証されていた。新しい活動は発注者の要請に沿うものになっているため、取引先との信頼を保つことができた上に、安全性や品質面でも問題がなかった。

隣接する諸活動と作業活動との間の第4の矛盾 導入された新しい活動は、主体-生産的活動に相当する教育活動と、ルール-生産的活動に相当する手順書作成活動との間に第4の矛盾を孕んでいる (Fig. 10)。まず、教育活動との間の第4の矛盾について詳述する。JCOは、新人に対する導入教育および年1回以上の保安教育において、安全教育の一環として臨界現象や臨界管理の方法を

教育していた。しかし、現場の安全を保持するための知識については触れられていなかった [16]。また OJT を主体とする教育訓練を実施していたが、臨界の物理を実務的知識に結びつけるには不十分であった [17]。次に、手順書作成活動との間の第4の矛盾について述べる。これは、新しく形作られた作業手順と認許手順との間に生じる。新しい活動は取引先との関係を優先して形成されたものであるから、認許手順との間に乖離が生じるのは当然だと言える。

手順書作成による新作業手順の確立 上に述べた第3、第4の矛盾により、活動システムは修正される (Fig. 11)。Fig. 8 と Fig. 11 との相違はルールの項である。1989年に手順書が作成されたことによって、Fig. 10に示した手順書作成活動と作業活動間の第4の矛盾は解決された。

#### 4.4 1989年度以後の分析の概要

1989年度以後の作業変容過程も同様に分析を行った [18]。その結果、活動の三角形構造のルールの頂点の変化に着目すると、操業開始時は「認許手順」だったものが、「認許手順を無視した社内規定の手順」になり、さらに「社内方針」に変容していったことが確認された。

また、道具のモデル化段階でマイクロコスモスとして作業者らのコミュニティが形成され、そこで生まれた作業手順が組織全体のルールとして定着していく様子を顕在化させることができた。こうして現場主導の作業改善が進み、安全性に対して不感になっていくことで最終的に事故に至った。

## 5. 組織風土の確立過程に関する考察

組織が関わる活動では、明文化されたルールだけが存在するわけではない。企業であれば、企業文化や体質といった明文化されない暗黙のルールも存在する。こうした暗黙のルールは組織風土と呼ばれる。組織風土は、組織事故を扱う際に必ず議論的になる要因である。JCO 臨界事故の場合、活動の構造が変容していく過程で「現場主導の改善活動推進」のルールが形成された。このようなルールが、いつ、どのように活動に影響を与える組織風土として確立するかを明らかにできれば、事故の原因の特定や対策を論じる上で有益である。

ここでは、JCO 臨界事故の分析を通して、組織風土の確立する過程を考察する臨界事故に至るまでの作業変容過程において、「作業手順の変更 → 手順書での追認」という系列が数回に渡り繰り返されていた。つまり、「作業手順の変更 → 手順書での追認」の流れは、この組織に暗黙のうちに根付いていたことは確かである。この系列が最初に表れたのは、Fig. 8 ~ Fig. 11 の過程である。発注者の要請に応えるために、認許手順を守らない手順が考え出された。この手順が生み出された場合は、Fig. 8 から経営者と作業管理者のコミュニティと分かる。本稿には記載していないが、その後、作業者らのコミュニティで作業に都合の良い手順が生み出された。「経営者と作業管理者のコミュニティ」と「作業者らのコミュニティ」を比較すると、前者の方が組織の中では上位に位置する。組織の上層部の行いを下部の者が真似るといえるのは、自然な成り行きであろう。よって、組織の上層部で「作業手順の変更 → 手順書での追認」の系列があり、下部のコミュニティでその系列が真似られた時点を組織風土が確立した時点と定めることができる。

1. 繰り返される事象の系列がある

2. 上層部の行いを下部の者が真似る

という2点の特徴を有する発展プロセスは、組織風土の確立過程を表す構造の1つである。

さらに分析結果から、特にルールの頂点が「認許のある手順」→「社内手順書で規定した手順」→「社内の方針としての手順」と変容しており、時を経るに従い作業者の行為を拘束する力が弱まっていることが確認された。例えば、Fig. 8 において「認許のある守るべき手順」が「社内の方針」に変化すれば、2つの競合するルール

の内、作業改善のルールの採択されやすが高まると予想できる。さらに、Fig. 9 の「認許のある規則」の部分が、「方針」に変化すれば、一般化しつつある新しい作業活動が古い活動を支持する勢力に比べて優勢になっていくことは明らかである。矛盾の影響力を評価することで、今後どのように活動構造が変化していくかを予測することができる。

## 6. おわりに

本論文では、活動理論の概念である活動の拡張的移行のサイクルに基づき、組織活動における作業変容過程を明示するための分析フレームワークを提案した。この分析フレームワークの特徴は、発達心理学におけるモデルを工学に応用したことや図を用いて作業変容の過程をモデル化したことである。そして、提案した分析フレームワークを用いて JCO 臨界事故の分析を行った。分析の結果、ある1つの変化が他の様々な要因と動的に相互作用し、波及していく様子を明示した。今後は、他の組織事故事例にも適用することで、組織事故に通底する要因の分析と類型化が可能になると考える。

### 参考文献

- [1] 横幹連合: 平成 18 年度内閣府委託業務「イノベーション戦略に係る知の融合」調査報告書, 2007.
- [2] C. S. パース, 内田種臣編訳: (パース著作集 2) 記号学, 勁草書房, 1986.
- [3] 川出由己: 生物記号論: 主体性の生物学, 京都大学学術出版会, 2006.
- [4] J. Reason: Managing the Risks of Organisational Accidents, Ashgate Pub Ltd., 1997.
- [5] ジェームズ・リーズン, (監訳) 塩見ほか: 組織事故 起こるべくして起こる事故からの脱出, 日科技連, 2000.
- [6] E. Hollnagel: Barriers And Accident Prevention, Ashgate Pub Ltd., 2004.
- [7] 榎木, 堀口, 日名: 操作のゆらぎに起因する創発型事故に対する安全性解析手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 論文集, pp. 187-190, 2005.
- [8] カール・E・ワイク (遠田雄志, 西本直人訳): センサー・イン・オーガニゼーションズ, 文眞堂, 2001.
- [9] エリック・ホルナゲル (著) (古田一雄監訳): 認知システム工学: 状況が制御を決定する, 海文堂出版, 1996.
- [10] A. D. Swain and H. E. Guttman: Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, Sandia National Laboratories, NUREG/CR-1278, Washington DC, 1983.
- [11] E. Hollnagel: Cognitive Reliability and Error Analysis Method - CREAM, Elsevier, Oxford, UK, 1998.
- [12] 榎木哲夫: システムと人: 信頼性とヒューマンマシンシステム, 計測と制御, Vol.46, No.4, pp. 298-304, 2007.
- [13] L. Vygotsky: Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes, Harvard University Press, 1978.

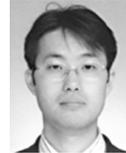
- [14] ユーリア・エンゲストローム, (訳) 山住勝弘他: 拡張による学習 活動理論からのアプローチ, 新曜社, 1999.
- [15] 小坂武: 組織における情報システム開発と創発 活動理論とアクタ・ネットワーク理論, システム制御情報学会誌, Vol.49, No.12, pp. 475-481, 2005.
- [16] 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会: ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告, <http://www.nsc.go.jp/anzen/sonota/uran/siryoi11.htm>, 1999.
- [17] 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究会 JCO 事故調査特別作業会: JCO 臨界事故におけるヒューマンファクター上の問題.
- [18] 塚本智司: 矛盾の発生を契機とした組織活動における作業変容のプロセス分析, 京都大学大学院工学研究科 2006 年度修士論文, 2007.

塚本 智司



2005 年京都大学工学部物理工学科卒業. 2007 年京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻修士課程修了. 現在, トヨタ自動車(株)に勤務. 2007 年日本機械学会三浦賞を受賞. 日本機械学会の会員.

堀口 由貴男



1999 年京都大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程修了. 2002 年同大学院博士課程指導認定退学. 同年京都大学大学院工学研究科精密工学専攻助手を経て. 2007 年同大学院機械理工学専攻助教. その間, 2000~2002 年日本学術振興会特別研究員. 人間-機械協調のためのインタラクション設計に関する研究に従事. ヒューマンインタフェース学会, 計測自動制御学会, IEEE などの会員. 京都大学博士(工学).

榎木 哲夫



1983 年京都大学大学院工学研究科精密工学専攻修士課程修了. 1986 年同大学院博士課程指導認定退学. 同年京都大学工学部精密工学教室助手. 1994 年同大学院工学研究科精密工学専攻助教授, 2002 年同教授, 2005 年改組により機械理工学専攻教授, 現在に至る. その間, 1991~1992 年米国スタンフォード大学客員研究員. 現在, 人間-機械共存環境下での協調システムの設計・解析と知的支援等に関する研究に従事. 京都大学工学博士. 横幹連合理事, ヒューマンインタフェース学会, 日本機械学会, システム制御情報学会, IEEE SMC 日本支部前支部長, IEEE などの会員.

中西 弘明



1968 年 7 月 24 日生. 1994 年 3 月京都大学大学院工学研究科航空工学専攻修士課程修了, 同年 4 月日本電気(株)入社. 1996 年 4 月京都大学大学院工学研究科助手, 2006 年 8 月同大学講師となり現在に至る. 2002 年 1 月京都大学博士(工学). システム制御工学, インテリジェントシステムの学習, レスキューロボットに関する研究に従事. 計測自動制御学会, IEEE などの会員.