

# SCOR オントロジーに基づく 生産管理プロセスモデリング支援ツールの実装

森田 武史<sup>†</sup>, 洪 潤基<sup>‡</sup>, 斎藤 忍<sup>\*</sup>, 飯島 正<sup>†</sup>, 山口 高平<sup>†</sup>

## 要 旨

本研究では、参照モデルと現場のプロセスのモデル (AS-IS モデル) を比較し、相違点を特定する手法の提案およびそのツールの開発を目的とする。これにより、現場の担当者に、AS-IS モデルの良い部分と悪い部分の両面に気付きを与えて、現状をあらためて深く理解することを支援する。具体的な参照モデルとしては、サプライチェーン管理を対象とする Supply-chain operations reference-model (SCOR モデル) を採用する。本研究の目的を達成するために解決すべき問題が3つある。問題(1)は、AS-IS モデルと参照モデルを計算機可読な形式で作成することである。問題(2)は、AS-IS モデルと参照モデルの抽象度を合わせることである。問題(3)は、AS-IS モデルと参照モデルを比較し、差異を自動的に抽出することである。本論文では、問題(1)と(2)を解決するために SCOR オントロジーに基づく生産管理プロセスモデリング支援ツール (モデリング支援ツール) を実装した。ここで、SCOR オントロジーとは SCOR モデルの構成要素を計算機可読な形式で体系化したものを意味する。モデリング支援ツールの有効性を検証するために、ケーススタディとして、ある企業の機械部品製造現場を取り上げた。そこで、SCOR オントロジーは、生産管理プロセスの中でも受注生産に限定して構築した。ケーススタディにより、モデリング支援ツールを用いて、「現場の AS-IS モデル」を作成可能であることを確認した。さらに、SCOR プロセスを基に作成された現場の AS-IS モデルを、参照モデルと比較するための抽象化が、計算機可読な SCOR オントロジーとモデルを活用することによって自動化できた。

## Abstract

In this research, we propose a method and a tool to detect the difference between as-is models and reference models. The tool supports factory management to recognize pros and cons of the as-is model, and to understand current conditions. We use the supply-chain operations reference-model (SCOR model) as a specific reference model that covers supply chain management. There are three main problems to be solved in order to achieve our goal. The first problem is to make as-is model and reference-model described by a machine-readable format. The second problem is to adjust the abstraction level of the as-is model and the reference model. The third problem is to extract the difference automatically by comparing the as-is model and the reference model. In this paper, we propose a support tool for the production management process modeling based on SCOR ontology in order to solve the first and second problems. SCOR ontology means

A Support Tool for Production Management  
Process Modeling based on SCOR Ontology  
Signage

Takeshi Morita, Yunki Hong, Shinobu Saito,  
Tadashi Iijima, Takahira Yamaguchi

<sup>†</sup>慶應義塾大学, <sup>‡</sup>慶應義塾大学大学院,

<sup>\*</sup>NTT

<sup>†</sup>Keio University, <sup>‡</sup>Graduate School of Science  
and Technology, Keio University, <sup>\*</sup>NTT

[論文]

2015年3月10日受付

2015年10月26日受理

© 情報システム学会

the building blocks of the SCOR model (concepts and relationships between the concepts related to production management) described by a machine-readable format. In order to verify the effectiveness of our proposed tool, we used it to make production management processes in a manufacturing company. We confirmed that our tool could appropriately make the as-is model. In addition, we could adjust the abstraction level between the as-is model and the reference model automatically by using a machine-readable SCOR ontology and the model.

## 1. はじめに

近年、企業はフラット化されていく世界での激しい競争から勝ち残り、顧客の高まる期待に答えるために、コストダウン及び現場改善を、忘れてはならない重要な経営戦略としている。特に、自社の、それも現場の AS-IS のプロセスの状況を的確に把握し、継続的に改善していく行動が強く求められている<sup>[37, 38]</sup>。

しかし、現場担当者には、暗黙的な了解の下で習慣的に実施してきた現場のプロセスに潜む問題に気づくことが困難なこともある。このとき、普遍的に参照できる標準的な参照モデルと比較すれば、見落としがちな問題点を指摘できるかもしれない<sup>[39]</sup>。ただし、指摘された点は、問題点ではなく、むしろその企業独自の強みであることもありうる。すなわち、参照モデルとの比較は、良い点でも悪い点でも自社のビジネスプロセスに対して、新たな気づきを与え、その特徴を深く理解することに役に立つ可能性がある。

特に、現地現物や継続的改善など「現場力」に強みを持つ日本企業の特質から製造現場は継続的に工夫してきた改善策に過剰適応する傾向が強く、見落としがちな問題点が潜む可能性が高い<sup>[40]</sup>。また、ケーススタディの対象が機械部品製造メーカーの生産工程であることから、本研究の対象として、製造現場における生産管理プロセスを選定した。

参照モデルを用いた従来の分析手法は、具体的な方法の提示までは至っておらず、属人性が高いため、そのままではソフトウェアツールによる分析支援の自動化が容易ではない。そのため、大規模なプロセスに対して網羅的に適用することが難しい。

本研究では、これらの問題を踏まえ、参照モデルと現場のプロセスのモデル (AS-IS モデル) を比較し、相違点 (問題点が潜在する可能性がある) を特定する手法の提案およびそのツールの開発を目的とする。これにより、現場の担当者に、AS-IS モデルの良い部分と悪い部分の両面に気づきを与えて、現状をあらためて深く理解することを支援する。具体的な参照モデルとしては、サプライチェーン管理を対象とする Supply-chain operations reference-model (SCOR モデル)<sup>[35]</sup>を採用する。

本研究の目的を達成するために解決すべき問題が 3 つある。問題(1)は、AS-IS モデルを計算機可読な形式で作成することである。問題(2)は、AS-IS モデルと参照モデルの抽象度を合わせることである。問題(3)は、AS-IS モデルと参照モデルを比較し、差異を自動的に抽出することである。

本論文では、問題(1)を解決するために、SCORオントロジーを提案し、SCORオントロジーに基づいてAS-ISモデルおよび参照モデルを計算機可読な形式で記述可能にする。ここで、SCORオントロジーとはSCORモデルの構成要素を計算機可読な形式で体系化したものを意味する。SCORオントロジーに基づいてモデルを記述可能にするにより、一貫性があり、利用・活用が容易なモデルが構築できるという利点がある<sup>[11]</sup>。問題(3)のAS-ISモデルと参照モデルを比較し、差異を自動的に抽出するためのソフトウェアを実装する前段階として、これらのモデルを計算機可読な形式で記述することは必要である。

問題(2)を解決するために、SCOR オントロジーに基づく生産管理プロセスモデリン

グ支援ツール（以下、モデリング支援ツール）を実装する。本研究で提案するモデリング支援ツールは、統一モデリング言語（Unified Modeling Language, UML）のアクティビティ図<sup>[4,5]</sup>を簡略化した表記法で、視覚的に AS-IS モデルを作成できる。また、モデリング支援ツールは、SCOR オントロジーを搭載しているため、この体系情報を参考にしながら、AS-IS モデルを計算機可読な形式で出力できる。さらに、モデリング支援ツールには、AS-IS モデルにおけるプロセスと参照モデルにおけるプロセスとの対応付けを行う機能があり、この対応関係を元に、AS-IS モデルを参照モデルと比較可能な抽象度に合わせる事が可能となる。

以上より、SCOR オントロジーおよびそれに基づいたモデリング支援ツールを提案することにより、問題(1)と(2)を解決することが可能となり、その結果として、現場担当者のモデリングにかかる負担は軽減される。

モデリング支援ツールの有効性を検証するために、ケーススタディとして、ある企業の機械部品製造現場を取り上げる。そこで、SCOR オントロジーは、生産管理プロセスの中でも受注生産に限定して構築した。ケーススタディにより、モデリング支援ツールを用いて、「現場の AS-IS モデル」を作成可能であることを確認した。さらに、SCOR プロセスを基に作成された現場の AS-IS モデルを、参照モデルと比較するための抽象化が、計算機可読な SCOR オントロジーとモデルを活用することによって自動化できた。

本論文で以後使われる用語について説明する。ビジネスプロセス分析におけるプロセスは、複数のタスクの集合であり、このタ

スクは、「実際の工場における工程」と同様の意味として使用する。さらに、「実際の工場における工程」は、UML のアクティビティ図でのアクティビティの基本単位であるアクションと同様の意味として扱う。

本論文の構成は以下のとおりである。第2章では、研究背景について、第3章では研究目的と問題について述べる。第4章では、SCOR オントロジーに基づく AS-IS モデルの構築と抽象化について説明する。第5章では、生産管理プロセスモデリング支援ツールについて説明する。第6章では、関連研究について述べる。第7章は、ある企業の生産管理プロセスに提案システムを適用したケーススタディを紹介する。第8章では、本研究のまとめについて述べる。

## 2. 研究背景

### 2.1 SCOR モデル

改善すべき部分を特定するために、一般的に現場に属している担当者だけで解決しようとしても、担当者が提示する問題点しか特定できない場合も多い。そこで、習慣的に見落としがちな問題点を発見するために、標準的な参照モデルを用いることがある。標準的な参照モデルと比較することで、属人性に偏らず分析できる可能性がある。この標準的な参照モデルは、生産管理プロセスに関する標準的な枠組みを提供しなければならない。この要件を満たす標準的な参照モデルの一つに、SCOR モデルがある。

SCOR モデルは、企業内、企業間のサプライチェーンをビジネスプロセスの観点でマッピング・分析して問題把握を行うときに、共通のフレームワークとして使用できる参照モデルであり、米国の American Production

and Inventory Control Society (APICS) Supply Chain Council (SCC)によって開発が進められている。Supply Chain Management (SCM)は、企業が顧客にサービスを提供するための一連の業務(資材や部品の購入、製造、保管、物流、販売など)を効率化する経営手段である<sup>[3]</sup>。すなわち、SCORモデルは、生産管理プロセスよりもっと広い範囲を対象とするが、その構成要素として生産管理プロセスの基本的な枠組みを提供している。この枠組みを用いることで、生産管理プロセスとの相違点を把握することができる。

SCORモデルが対象にしているドメインは、4つの実行プロセス「SOURCE(調達)」「MAKE(生産)」「DELIVER(受注・納入)」「RETURN(返品)」である。さらに、これらの活動を計画する計画プロセス「PLAN(計画)」がある。

SCORモデルは、サプライチェーンの全体像からその細部に至るまでを、レベル1から4までの階層に分けて整理している(図1)。

レベル1は、最上位のレベルであり、図1の「PLAN」「SOURCE」「MAKE」「DELIVER」「RETURN」の5つのプロセスから構成される。

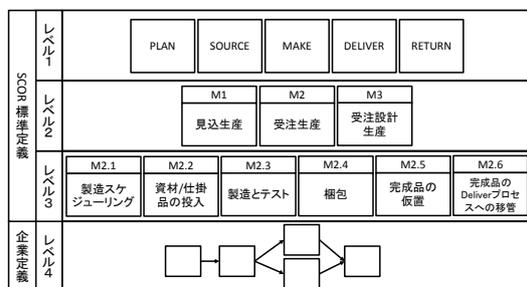


図1 SCORモデルのレベル1からレベル4  
(文献[35]から改訂)

レベル2は、レベル1の各プロセスを分解したもので「プロセスカテゴリー(Process Category)」と呼ばれる。例えば、「MAKE」プロセスにおいて、見込生産方式での製造プロセスの場合は「M1 見込生産」、受注生産方式での製造プロセスの場合は「M2 受注生産」、受注設計生産方式での製造プロセスの場合は「M3 受注設計生産」といったように分解されている。

レベル3は、レベル2の活動要素として定義されるものであり、それぞれの活動要素は「プロセス要素(Process Element)」と呼ばれる。例えば、「M2 受注生産」のレベル3は、プロセス要素「M2.1 製造スケジューリング」から「M2.6 完成品のDeliverプロセスへの移管」までである。このプロセス要素を入力と出力でつなぎ合わせることで、実際のワークフローや情報フローを表現することが可能となる。このレベルが業務設計のベースとなる。

レベル4は、レベル3より細かいレベルであり、SCORの共通定義は存在しない。SCORの活用目的は、SCM改革プロジェクトを促進することにあるため、サプライチェーンを構成する全ての業界・企業・組織が活用できるように、汎用的なモデルを構築しているからである。そこで、レベル4は、各々の状況に合わせて最適なモデルや方法論を活用して、SCORモデルと関連づけることで個別に定義するレベルとされている。

以下では、SCORモデルのレベル2をSCOR Lv.2、SCORモデルのレベル3をSCOR Lv.3、SCORモデルのレベル4をSCOR Lv.4と表記する。

## 2.2 既存研究の問題点

参照モデルを活用したビジネスプロセス分析手法には「工程」と「情報」に着目した先行研究<sup>[7, 30, 39]</sup>が存在するが、「人」は対象としていないため、余分なスタッフによる人件費の無駄など、人に関連するビジネスプロセスの問題を発見することは困難であった。また、従来の研究では、分析手法の提示までに留まり、ソフトウェアツールによる分析支援環境までは展開されていない。そのため、現場の数多い工程に対して、網羅的な分析を行うことが困難である。製造現場の大量な工程をビジネスプロセスとして整理して、表記するための時間のコストも発生する。そして、手動での分析のために作成した結果物の保管や管理のためにも、分析機能を含めて、情報システムによる支援が必要である。

## 3. 研究目的と問題

本研究では、参照モデルと現場のプロセスのモデルを比較し、相違点を特定する手法の提案およびそのツールの開発を最終目的とする。これにより、現場の担当者に、AS-IS モデルの良い部分と悪い部分の両面に気付きを与えて、現状をあらためて深く理解することを支援する。

提案システムのユーザは、現場担当者であり、現場担当者が提案システムを用いて、「現場の AS-IS モデル」を作成する。提案システムは改善余地があるかもしれない相違点の部分を特定して現場担当者に提示する。現場担当者は提示された部分に対して、その部分が自社の強みなのか、あるいは無批判的に習慣的に行なってきたために潜在してしまった非潜在化された問題点なのか

を考えるきっかけを持つ。

例えば、計画作成工程が2つに分離されている（プロセス中の2箇所に存在している）とき、それが適切なのか、あるいは生産性やコスト面で不利なのかを考えるチャンスを与える。分離している部分に重複したサブ工程が含まれている場合には、改善策として、1つに統合することが有効であるかもしれない。そうではないかもしれないが、ここでは、それを検討するきっかけを与えることが重要である。こうした内省により、企業の生産管理プロセスが改善され、生産性の向上やコストの削減などにつなげることを目標とする。

しかしながら、本研究の目的を達成するために解決すべき問題が3つある。

問題(1)は、現場のプロセスのモデル化である。モデリングの専門知識を持たない現場担当者が生産現場で使用する具体的な用語を用いて、現場の AS-IS プロセスを標準的なビジネスプロセス記法で表現することは決して容易ではない。一方で、問題(2)と(3)を解決するために、AS-IS モデルは計算機可読な形式で記述する必要がある。

問題(2)は、AS-IS モデルと参照モデルの抽象度を合わせることである。SCOR モデルは、抽象度の高いレベル 1 からレベル 3 までの標準的な手順や用語が定義されている。しかし、レベル 4 からは定義されておらず、適用先の企業や業種毎の現場の用語を取り入れることになっている。抽象度が異なる AS-IS モデルと参照モデルを直接比較することは現状では困難である。

問題(3)は、AS-IS モデルと参照モデルを比較し、差異を自動的に抽出することである。

本論文では、問題(1)と(2)を解決するために、SCOR オントロジーおよび SCOR オントロジーに基づく AS-IS モデルの構築方法を提案した上で、SCOR オントロジーに基づく生産管理プロセスモデリング支援ツール（以下、モデリング支援ツール）を実装することを具体的な目的とする。問題(3)については今後の課題とする。

## 4. SCOR オントロジーに基づく AS-IS モデルの構築と抽象化

### 4.1 SCOR オントロジーとモデル

本研究では、現場のプロセスのモデル化および AS-IS モデルと参照モデルの抽象度を合わせることを可能にするために、SCOR オントロジーを構築した。

SCOR オントロジーは、本研究で要求される次の 3 つの項目を満たさなければならない。

1. 製造現場の AS-IS モデルを記述するために、具体的な製造現場の用語と用語間の関係を表現できること
2. ソフトウェアツールによる支援を実現するために、計算機可読であること
3. 製造現場の用語（概念）を、抽象度の高い SCOR モデルのレベル 3 の用語に引き上げることができること

知識処理分野で使われるオントロジーは、知識の形式的な表現の一つであり（計算機可読な概念体系）、あるドメイン内の概念とそれらの概念間の関係の集合として与えられる。概念体系は、「形式的な、共有される概念化の明示的仕様」であり、特定のドメインをモデル化するために使われる。つまり、そのドメインに存在するオブジェクトや概

念のタイプとそれらの特性や関係の、共有される語彙を提供することができる<sup>[21]</sup>。オントロジーを用いることにより、第一と第二の要求が実現できる。

残る第三の要求を満たすために、製造プロセスの参照モデルとして SCOR モデル（MAKE のレベル 2 およびレベル 3）と、生産管理用語辞典<sup>[24]</sup>から現場で使われる用語を抽出して、2 つの異なる粒度に対応すべく has-a 関係や is-a 関係を定義した。

現場の用語に該当する SCOR Lv.4 は、2.1 節で説明したように、SCOR モデルには定義されていない。つまり、各々の会社が独自に定義しなければならないため、本来は事前に現場で使われている用語を収集し、用語集を作成するところから始める必要がある。本研究では、生産管理用語辞典にある用語を抽出し、現場特有の用語が見つかる度に補足する方法をとった。

以上に基づいて構築された SCOR オントロジーと SCOR モデルおよび製造現場の AS-IS モデルとの関係を図 2 に示す。

SCOR オントロジーは、抽象度の高い標準部分である「SCOR Lv.2 および SCOR Lv.3」と具体度の高い企業独自部分である「生産管理用語辞典」から概念を抽出して構築される。SCOR Lv.2 の概念は、SCOR オントロジーの SCOR\_Lv2\_Root クラスのサブクラスとして手動で階層化した。同様に SCOR Lv.3 の概念は、SCOR オントロジーの SCOR\_Lv3\_Root クラスのサブクラスとして手動で階層化した。生産管理用語辞典か

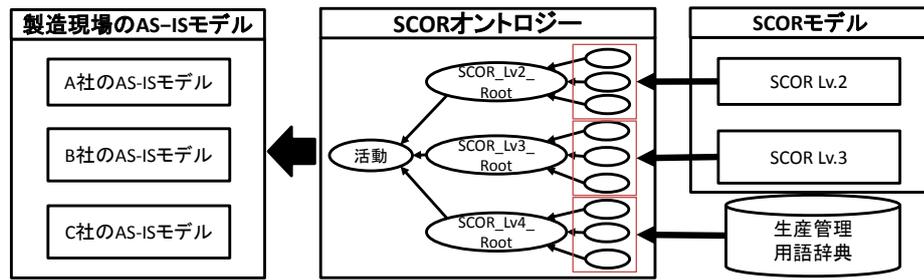


図2 SCOR オントロジーと SCOR モデルおよび製造現場の AS-IS モデルとの関係

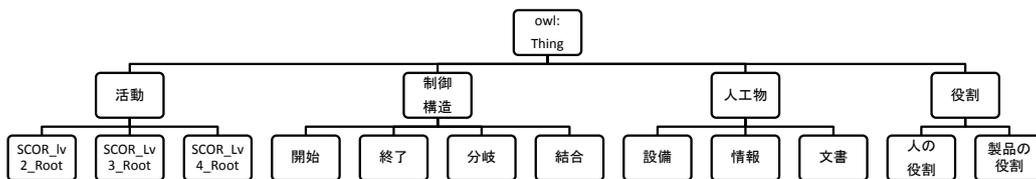


図3 SCOR オントロジーの上位階層

ら抽出された概念は、SCOR\_Lv4\_Root クラスのサブクラスとして手動で階層化した。SCOR\_Lv2\_Root , SCOR\_Lv3\_Root , SCOR\_Lv4\_Root クラスは、現場の工程における最上位概念である「活動」クラスのサブクラスとして定義した。

SCOR オントロジーは、オントロジーエディタ Protégé<sup>[32]</sup>を用いて、標準的なオントロジー記述言語 OWL (Web Ontology Language)<sup>[31]</sup>で記述した。図3に SCOR オントロジーの上位階層を示す。

また、SCOR オントロジーにおける4つの上位概念について表1に説明を示す。

SCOR モデルや生産管理用語辞典は、業界の標準的な用語の意味を示しているため、現場の独自の用語(状況)は反映されていないことがある。しかし、現場の生産管理プロセスのモデリングのための知識体系を提示することができれば、現場担当者がゼロからモデルを作成するよりは負担が少ないと期待できる。

次に、SCOR オントロジーを用いて、アク

ティビティ図を用いたモデリング支援をするために、SCOR オントロジーに定義しているプロパティについて説明する。現場の生産管理プロセスのアクティビティ図を作成する際に必要とされるインスタンスと、インスタンス間のプロパティを表2に示す。また、図4にアクティビティ図の例を示す。図4のアクティビティ図は、図5に示すSCOR オントロジーのクラス階層を用いてインスタンスネットワーク(RDF<sup>[33]</sup>モデルに準拠)を構築することで生成できる。図5に示したオントロジーおよびインスタンスネットワークをOWL形式で保存し、そのファイルを5章で説明するモデリング支援ツールに入力すると、アクティビティ図を描画し、編集することができる。

SCOR オントロジーは、現時点ではUMLのアクティビティ図のすべての要素に対応しておらず、本研究で必要とする要素のみにしか対応していない。

図6にSCOR オントロジーにおける役割と人工物クラスのサブクラスを、図7に

SCOR\_Lv2\_Root , SCOR\_Lv3\_Root , SCOR\_Lv4\_Root クラスのサブクラスの一部をそれぞれ示す。

#### 4.2 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化

図 8 に示すように、SCOR Lv.3 と SCOR Lv.4 のプロセス間には、表 2 に示した「hasLevel4」プロパティにより has-a 関係が定義されている。

表 1 SCOR オントロジーにおける 4 つの上位概念の説明

概念	説明
活動	アクティビティ図における活動
制御構造	アクティビティ図における活動の流れの制御に用いられるクラス(概念)
人工物	アクティビティ図における活動の入力や出力として用いる情報(文書)など
役割	アクティビティ図において、作業を行う人々の役割を定義したもの及び現場で用いられる製品(部品)の役割を定義したもの

表 2 モデリング支援のためのプロパティ

プロパティ名	定義域	値域	説明
hasActor	活動	人の役割	ある「活動」を行う人(アクタ)を定義する
hasInput	活動	人工物	ある「活動」の入力を定義する
hasOutput	活動	人工物	ある「活動」の出力を定義する
postProcess	活動, 制御構造	活動, 制御構造	ある「活動」とその後に行われる「活動」(ポストプロセス)の関係を定義する
hasLevel4	SCOR_Lv3_Root	SCOR_Lv4_Root	SCOR Lv.3 のプロセスに含まれる SCOR Lv.4 の工程を has-a 関係により定義する
level	活動	Integer	SCOR におけるレベルを定義する

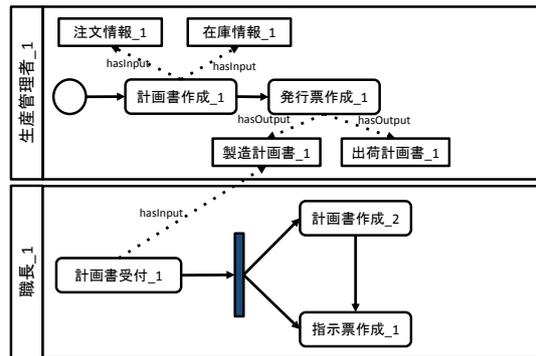


図 4 アクティビティ図の例

モデリング支援ツールでは、「hasLevel4」プロパティを用いて、SCOR Lv.4 から SCOR Lv.3 への抽象化を行う。SCOR Lv.4 から SCOR Lv.3 への抽象化パターンを図 9 から図 13 に示す。

図 9 に示すパターン 1 (1) では、同一の SCOR Lv.3 プロセスと has-a 関係にある SCOR Lv.4 プロセスが、同一のアクタにより連続して実行される場合、それらの SCOR Lv.4 プロセスは has-a 関係にある SCOR Lv.3 プロセスに抽象化される。例えば、図 9 では、SCOR Lv.4 プロセス 4A と 4B は共に、SCOR Lv.3 プロセス 3A と has-a 関係にあり、同一のアクタ A1 により連続して実行される。よって、4A と 4B は 3A に抽象化される。同様に、4C と 4D は 3B に抽象化される。この際、3A のアクタは、3A と has-a 関係にあった 4A と 4B のアクタ A1 となる。同様に、3B のアクタは A2 となる。また、3A のポストプロセスは、3A と has-a 関係にあった 4A と 4B の中で、最後に実行されるプロセス 4B のポストプロセス 4C が抽象化された SCOR Lv.3 プロセス 3B となる。抽象化後のアクタとポストプロセスの定義方法は他のパターンも同様である。

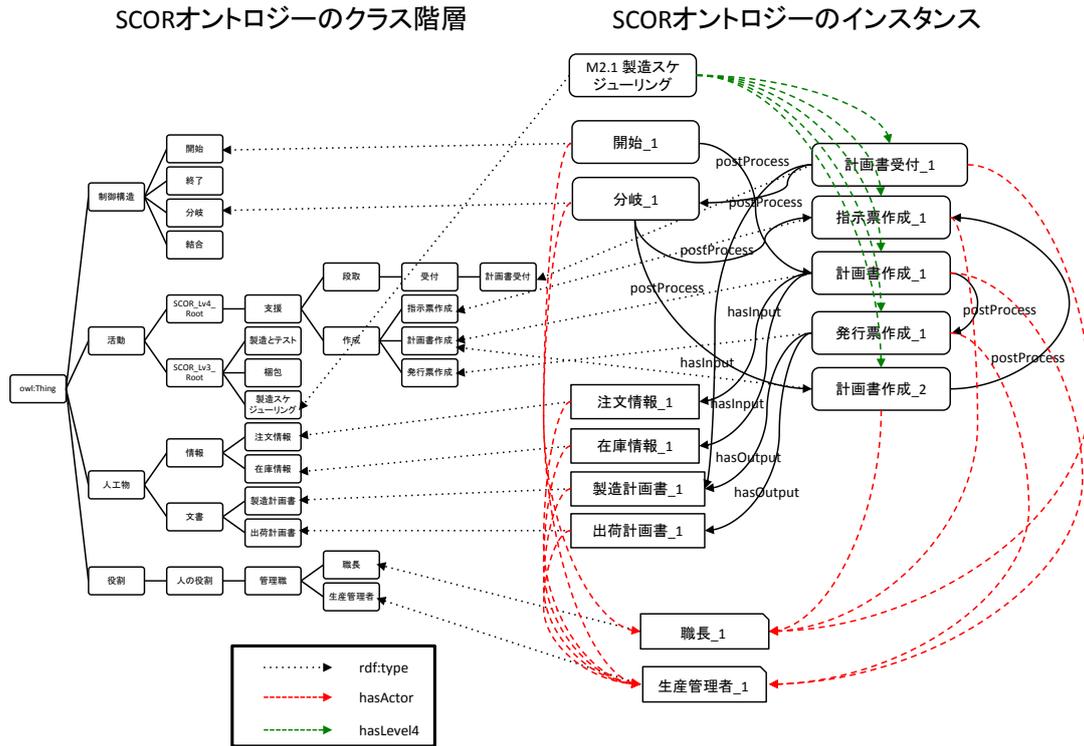


図5 SCOR オントロジーにおけるクラス階層とインスタンスの例

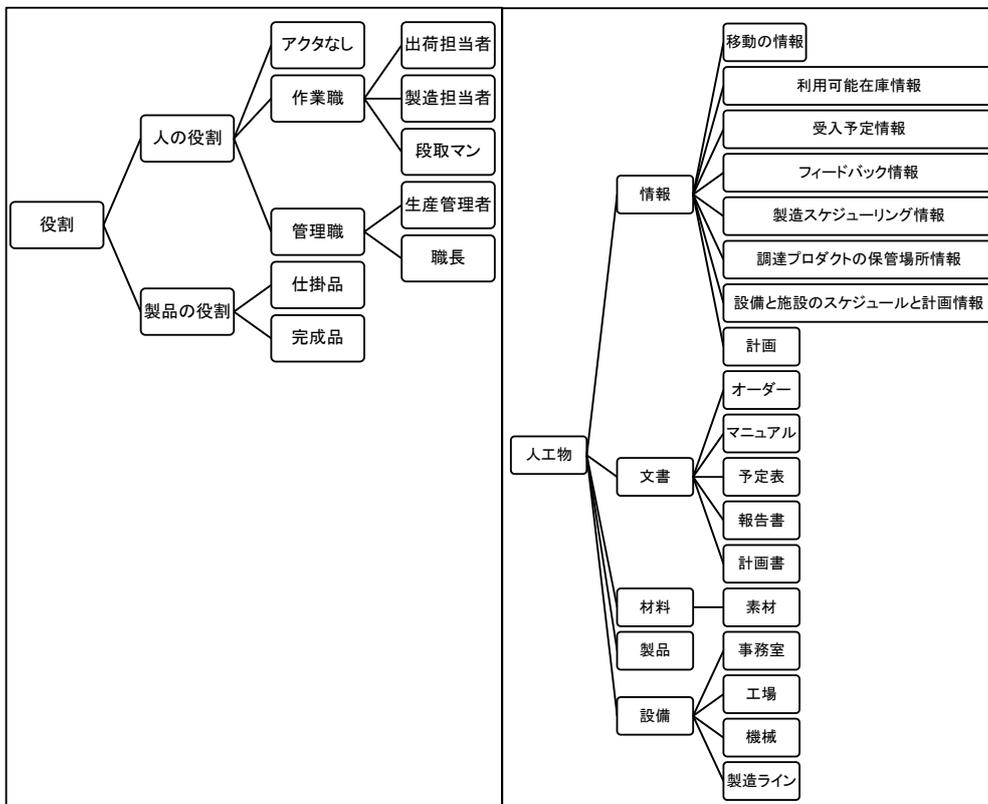


図6 SCOR オントロジーにおける役割と人工物クラスのサブクラス

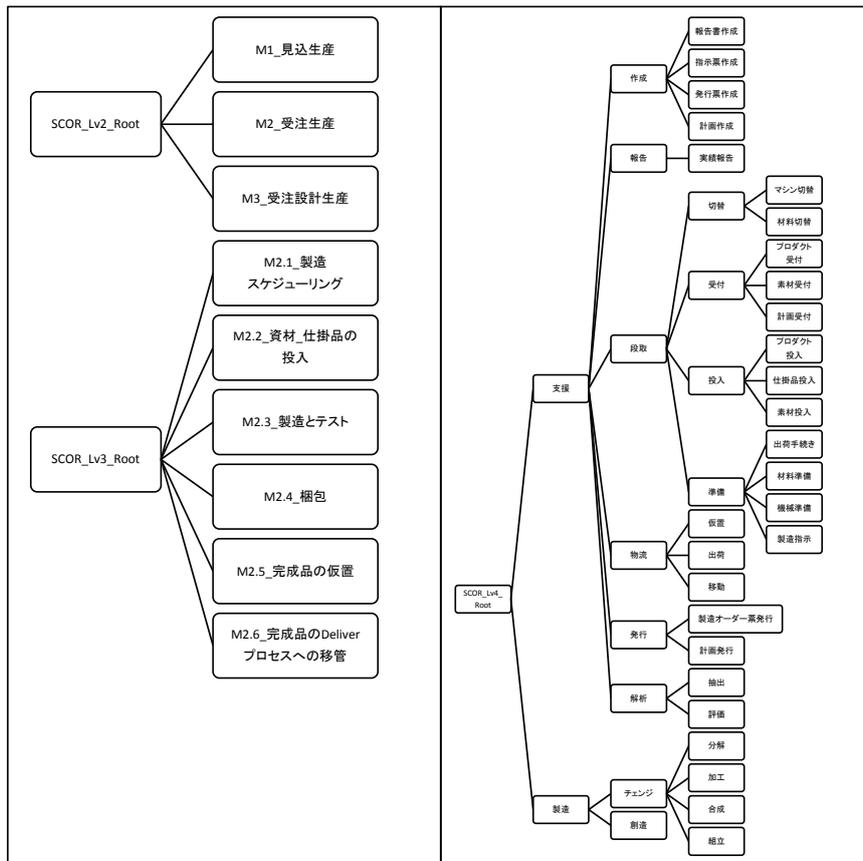


図7 SCOR オントロジーにおける SCOR\_Lv2\_Root, SCOR\_Lv3\_Root, SCOR\_Lv4\_Root クラスのサブクラスの一部

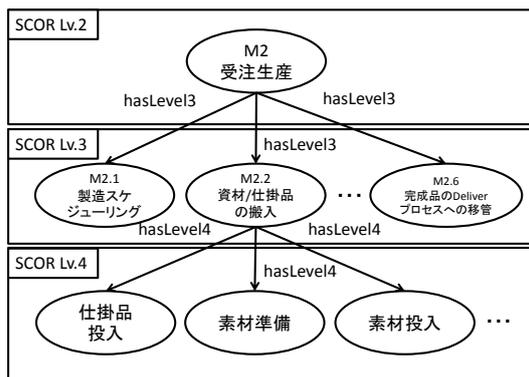


図8 SCOR Lv.2, Lv.3, Lv.4 の has-a 関係

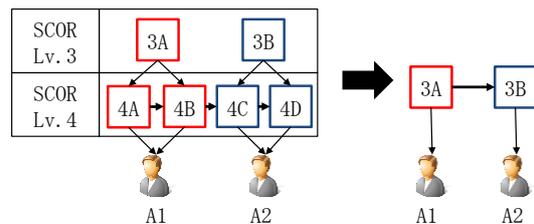


図9 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化パターン 1 (1)

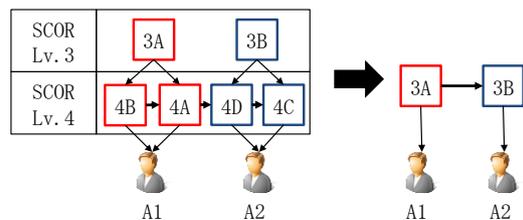


図10 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化パターン 1 (2)

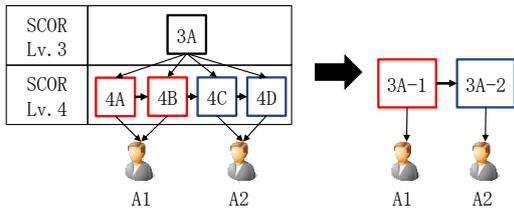


図 11 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化パターン 2

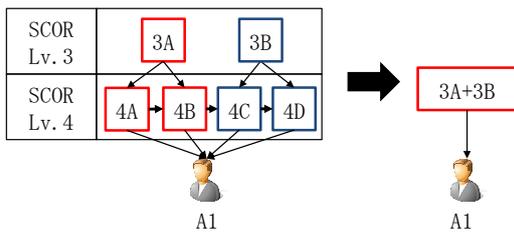


図 12 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化パターン 3

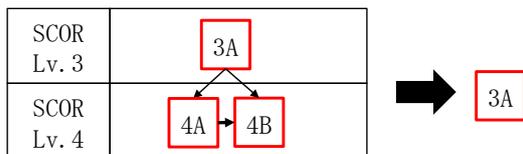


図 13 SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化パターン 4

図 10 に示すパターン 1 (2) は、パターン 1 とほぼ同様であるが、連続して実行される SCOR Lv.4 プロセスの実行順序が変更されても、SCOR Lv.3 への抽象化には影響しないことを表している。例えば図 10 は、図 9 とは SCOR Lv.4 プロセスの実行順序が異なっている (4A から 4B が 4B から 4A へ、4C から 4D が 4D から 4C へ) が、SCOR Lv.3 への抽象化結果は同一である。

図 11 に示すパターン 2 では、同一の SCOR Lv.3 プロセスと has-a 関係にある SCOR Lv.4 プロセスが連続して実行されている場合でも、途中で実行するアクタが変わる場合には、SCOR Lv.3 プロセスを分割し、同一の

アクタが連続して実行する SCOR Lv.4 プロセスをまとめて分割した SCOR Lv.3 プロセスに抽象化する。例えば、図 11 では、SCOR Lv.4 プロセス 4A, 4B, 4C, 4D がすべて SCOR Lv.3 プロセス 3A と has-a 関係にあり、連続して実行されるが、4A と 4B はアクタ A1, 4C と 4D はアクタ A2 が実行しており、4B から 4C へプロセスが遷移する際に、実行するアクタが変更されている。この場合、3A を 3A-1 と 3A-2 の二つに分割し、4A と 4B を 3A-1, 4C と 4D を 3A-2 にそれぞれ抽象化する。

図 12 に示すパターン 3 では、同一のアクタにより連続して実行される SCOR Lv.4 プロセスは、一つの SCOR Lv.3 プロセスに抽象化する。この際、SCOR Lv.4 プロセスと has-a 関係にある SCOR Lv.3 プロセスが複数ある場合には、それらを一つの SCOR Lv.3 プロセスに結合する。例えば、図 12 では、SCOR Lv.4 プロセス 4A, 4B, 4C, 4D が、すべて同一のアクタ A1 により連続して実行されているため、一つの SCOR Lv.3 プロセスに抽象化される。4A と 4B は 3A と、4C と 4D は 3B と has-a 関係にあるため、3A と 3B を一つに結合した 3A+3B に最終的に抽象化される。

図 13 に示すパターン 4 では、実行するアクタが決まっていない連続して実行される SCOR Lv.4 プロセスは、has-a 関係にある SCOR Lv.3 プロセスに抽象化される。例えば、図 13 では、4A と 4B は連続して実行されるが、実行するアクタが決まっていないため、4A および 4B と has-a 関係にある 3A に抽象化される。

図 9 から図 13 では、SCOR Lv.4 プロセスの入出力を記載していなかったが、SCOR

Lv.4 から Lv.3 に抽象化する際には、SCOR Lv.4 プロセスの入出力は、すべて抽象化された SCOR Lv.3 プロセスに定義される。

## 5. 生産管理プロセスモデリング支援ツール

### 5.1 提案システムの構成

図 14 に提案システムの構成を示す。提案システムは、現場の生産工程をビジネスプロセスモデルとして作成できるように支援するモデリング支援ツールと 12 個の差異抽出パターンによる分析支援システムから構成される。両ツールにより、参照モデルと現場の AS-IS モデルとの差異を指摘し、問題が潜在している疑いのある箇所の示唆とその解消案が提示できる。

提案システムの利用手順は以下のとおりである。

1. 提案システムのユーザである現場担当者は、モデリング支援ツールとのインタラクションを通じて、自社のサプライチェーンから現場の AS-IS 生産管理プロセスを作成する。
2. AS-IS モデルは、SCOR Lv.4 に該当するため、分析支援システムの「差異抽出」機能へ入力する前に、レベルを合わせるために、モデリング支援ツールにて SCOR Lv.3 への抽象化を行う。この抽象化の結果を「差異抽出」機能へ入力する。
3. 分析支援システムは、モデリング支援ツールで作成した AS-IS モデルと参照モデルを 12 個の差異抽出パターンに

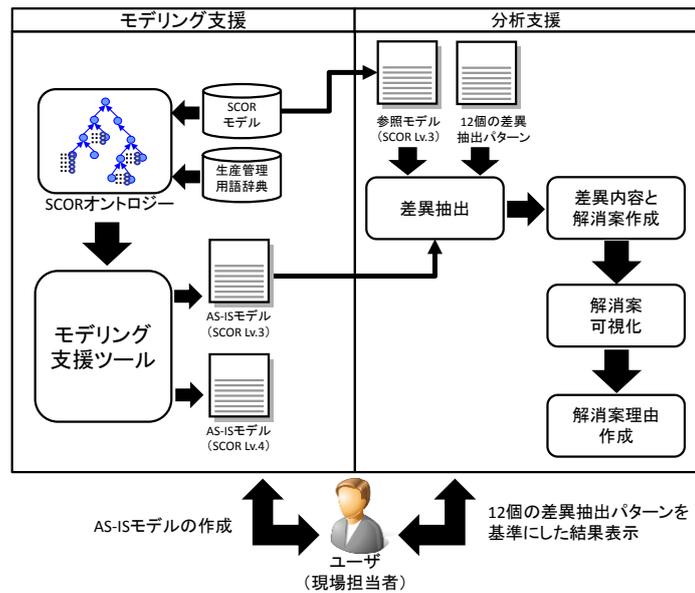


図 14 提案システムの構成図

基づいて比較する。差異抽出パターンに該当するものが存在すれば、差異内容と差異解消方策案リストを作成して、ユーザに提示する。

4. ユーザは、分析支援システムから提示されたリストに対して、解消案を適用するための有効性とコスト面を考慮した評価を実施する。分析支援システムは、評価得点を計算して、得点が高い順に順位つける。ここで、順位が高いほど早期に対応すべき差異であると考えられる。

本論文では、モデリング支援ツールについて説明する。

## 5.2 モデリング支援ツール

### 5.2.1 モデリング支援ツールの画面構成

モデリング支援ツールは、SCOR Lv.4 に該当する用語を用いて「現場の AS-IS モデル」を作成する支援を行う。モデリング支援ツールは、SCOR オントロジーを参照とし

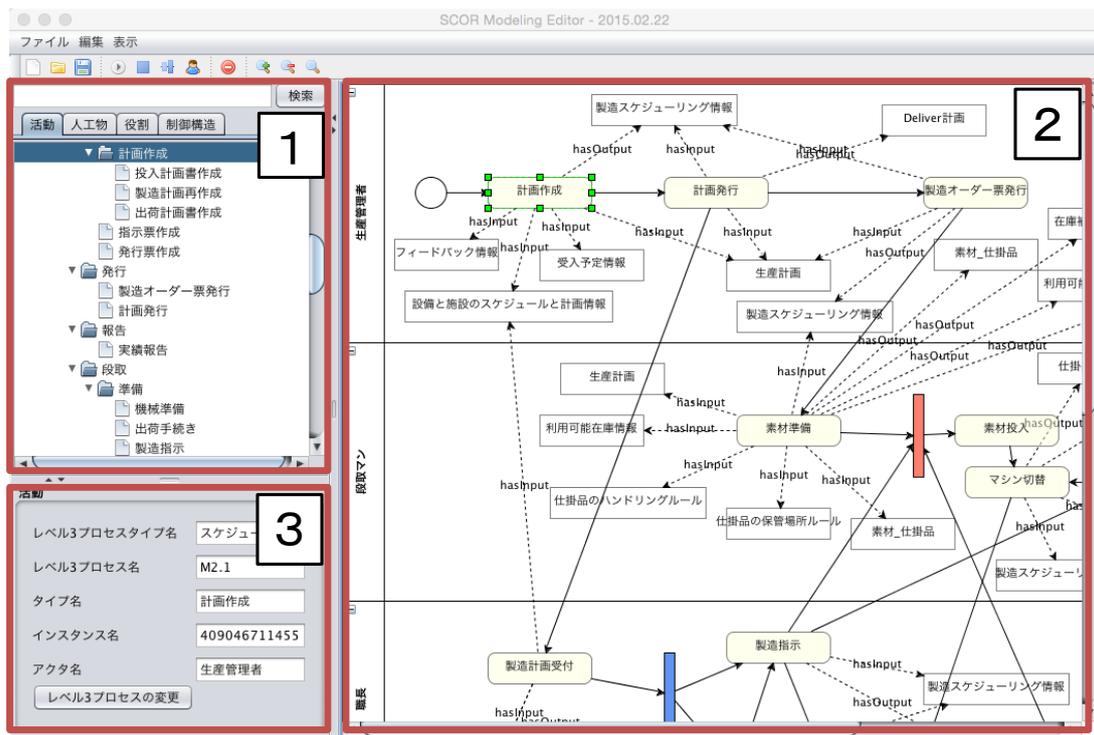


図 15 モデリング支援ツールの画面構成

て、担当者ごとの工程の流れと情報の入出力関係などを、アクティビティ図のサブセットとして視覚的に編集可能なエディタである。アクティビティ図の表現のためには、JGraph ライブラリ<sup>[10]</sup>を用いた。編集結果は、Jena ライブラリ<sup>[9]</sup>を用いて OWL 形式のオントロジーおよびモデルとして、出力可能である。

モデリング支援ツールの特徴は、SCOR オントロジーを活用している点である。SCOR オントロジーでは、ユーザである現場担当者が生産工程をモデル化して行く上で、参考にできるように知識が整理されて体系化されている。既に整理されている知識を活用することによって、活動(工程)や情報を参考にしながら、ユーザは容易に生産工程をモデル化することが可能となる。

モデリング支援ツールの画面構成を図 15 に示す。モデリング支援ツールの画面は、大

きく 3 つのエリアに分けられる。各画面エリアの説明を表 3 に示す。

エリア 1 のクラス階層パネルでは、SCOR オントロジーにおけるクラス階層から、必要な「活動」、「人工物」、「役割」、「制御構造」に関する概念を選択して、エリア 2 のアクティビティ図のエディタにより、AS-IS モデルをアクティビティ図として作成することができる。エリア 3 の属性表示・編集パネルでは、活動、人工物、制御構造の属性情報を表示することができる。また、SCOR Lv.4 プロセスがどの SCOR Lv.3 プロセスに属しているかも確認できる。

### 5.2.2 アクティビティ図のエディタ

モデリング支援ツールは、UML におけるアクティビティ図の全構成要素を表現することはできない。モデリング支援ツールにおけるアクティビティ図のエディタで編集

可能な要素を表 4 に示す。

モデリング支援ツールを用いた「活動」要素の挿入は、次の手順で行う。はじめに、アクティビティ図のエディタ上でアクタを選択する。次に、活動クラス階層から挿入したい活動(プロセス)を選択する。選択すると、図 16 に示すレベル 3 プロセス関係付けダイアログが表示され、挿入するレベル 4 プロセスが属するレベル 3 プロセスのインスタンスを選択する。このダイアログを通じて、関係付けられたレベル 4 とレベル 3 の情報を用いることで、提案システムでの抽象化と差異抽出ができる。また、図 16 のダイアログで、新たにレベル 3 プロセスのインスタンスの追加や削除ができる。

### 5.2.3 モデリング支援ツールの入出力

モデリング支援ツールでは、編集中の SCOR Lv.3 および Lv.4 の AS-IS モデルを OWL 形式で出力し、保存することができる。また、保存した AS-IS モデルを入力として、編集を再開することができる。AS-IS モデルを記述するために、表 2 に示したプロパティを用いる。

表 3 モデリング支援ツールの画面構成

エリア	構成名	説明
1	クラス階層パネル	SCOR オントロジーにおける活動、人工物、役割、制御構造のクラス階層をタブごとに表示する
2	アクティビティ図のエディタ	SCOR オントロジーを入力として、プロセスの流れやプロセスの入出力を担当者の役割ごとに編集可能なエディタ
3	属性表示・編集パネル	活動、人工物、制御構造の属性情報を表示する。活動については、SCOR Lv.3 プロセスとの has-a 関係を編集できる

表 4 アクティビティ図のエディタで編集可能な要素

要素	図	説明
プロセス		活動クラスのインスタンス。has-a 関係にあるレベル 3 プロセスのクラス名とインスタンス名、活動クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
人工物		人工物クラスのインスタンス。人工物クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
結合		結合クラスのインスタンス。結合クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
分岐		分岐クラスのインスタンス。分岐クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
開始		開始クラスのインスタンス。開始クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
終了		終了クラスのインスタンス。終了クラス名とインスタンス名、アクタを属性として持つ。
ポストプロセス		プロセス間、プロセスと結合・分岐間のプロセスーポストプロセス関係を表す。実線でエッジのラベルはない。
入力		あるプロセスとその入力との関係を表す。破線でエッジのラベルは「hasInput」。
出力		あるプロセスとその出力との関係を表す。破線でエッジのラベルは「hasOutput」。
アクタのスイムレーン		あるアクタが行うプロセスの流れとそのプロセスの入出力をまとめる。



図 16 活動挿入（レベル3プロセスとの関連付け）

## 6. 関連研究

一般的にプロセス（状態変化または変化を起こす行為の列）をモデル化するための枠組みは、これまでに数多く提案されている<sup>[11, 12]</sup>。本章では、関連研究と本研究との差異について述べる。

Process Specification Language (PSL)<sup>[23, 25]</sup>は、米国の標準技術研究機関である National Institute of Standards and Technology(NIST)が中心となって策定を進めている、プロセスモデルを交換するために開発された、プロセス表現言語/オントロジーである。PSLは、製造業における異なるアプリケーション間で、情報の相互利用を可能にすることを目的として開発されている。また、PSLは、一階述語論理をベースとした記述言語 KIF (Knowledge Interchange Format)<sup>[14]</sup>によって、計算機可読な形式でモデル化が可能である。PSLのコア理論 (PSL-Core)における主要な概念は、activity (一つのアクティビティを表す概念)、activity occurrence (特定の時刻に始まる特定の事実アクティビティを表す概念)、timepoint (時刻を表す概念)、object (何らかの対象概念)の主に4つである。PSLは、ドメイン独立性を重視しているため、抽象的な概念のみを提供している。そのため、PSLのみを用いても、SCORモデルとAS-IS

モデルを記述することは困難である。本研究では、SCORモデルにおける概念と生産管理用語辞典からSCORオントロジーを構築することにより、SCOR Lv.3とLv.4の両方のモデルを表現可能なオントロジーを構築しており、PSLと比較して、ドメイン独立性は低いが、SCORに特化したオントロジーを構築している点が異なっている。また、本研究では、オントロジー記述言語として、KIFよりも後に開発され、W3Cにより標準化が行われているOWLを採用している。

IDEF0<sup>[13, 22]</sup>は、システムや生産工程などをfunctionの関係として表現する規格である。IDEF0では、functionに対するInputs (入力)とOutputs (出力)により、プロセス間のものの流れを表現できる。さらに、Controls (制約)により、functionにおける制約や仕様を、Mechanismsにより、変換を行うための資源 (場所、人、設備など)を表現できる。本研究では、IDEF0と同様に、入出力とプロセスの関係から、プロセス間のものの流れを表現可能にしているが、IDEF0におけるControlsやMechanismsのように、制約、場所、設備などは厳密には記述していない。人については、プロセスとそれを実行するアクタとの関係を本研究では定義している。IDEF0も、PSLと同様に、function, Inputs, Outputs, Controls, Mechanismsなどの抽象的な概念は提供しているが、SCORモデルとAS-ISモデルを記述するための、ドメインに特化した概念は提供されていない。また、IDEF0は機能モデリング言語 Structured Analysis and Design Technique (SADT)<sup>[36]</sup>に基いて構築されているが、本研究ではOWLを採用している。

組織における業務プロセス（ビジネスプロセス）をモデリングするための形式や規格も数多く提案されている<sup>[15]</sup>。文献[15]では、ビジネスプロセスモデリングを、活動系列アプローチ、相互作用アプローチ、目標指向アプローチの三つに大別している。活動系列アプローチでは、**IDEF0/3**、フローチャート、ペトリネット、**UML**におけるアクティビティ図、**ARIS**などを用いてモデリングが行われる。これらは、プロセス間のものや情報などの流れ、プロセス間の順序系列（逐次、並列など）、ロジック（条件分岐など）を表現することを主眼としている。本研究では、アクティビティ図を簡略化した表記を用いてモデル化を行っていることから、主に、活動系列アプローチに属すると考えられる。相互作用アプローチは、**UML**におけるユースケース図などを用いて、「システム」とその外部環境においてシステムと相互作用する「アクタ（利用者）」概念を導入している。相互作用アプローチでは、主に、システムとその利用者の間の相互作用が表現されるが、本研究においては、各プロセスとそれを実行するアクタの関係を記述していることから、相互作用アプローチも一部、行っていると考えられる。目標指向アプローチには、**Eriksson-Penker**によるビジネスモデル向けの拡張 **UML** のゴールモデル<sup>[4]</sup>があげられている。プロセスに加えて、「目標 (goal)」や「問題 (problem)」という概念が導入されている。本研究では、ゴールモデルについては扱っていない。

企業改革を支援する計算機環境を実現するために、ビジネス活動に関連する諸概念の体系化を図ったオントロジーもいくつか提案されている<sup>[8]</sup>。エジンバラ大学では、エ

ンタープライズをモデリングするための方法論とツール群を開発するためのプロジェクトが進められた。そのプロジェクトの一環として、エンタープライズオントロジー<sup>[9]</sup>が開発され、人と人、または、人とシステム、さらには、システムとシステム間のコミュニケーションをはかるためのメディアとして大きな役割を果たした。また、企業活動に関わる様々な知識の獲得・表現・操作・構造化・組織化などを支援するために活用されてきた。しかし、ビジネス活動というドメインを包括的に捉えようとしたため、実際に企業活動の記述を試みる場合には、エンタープライズオントロジー構築時の着眼点などを意識しつつ、具体的な記述概念を充実させなければならない、という課題も明らかになっている。デルフト工科大学のヤン・ディーツ名誉教授によって開発されたビジネスプロセスのモデリング手法である **Design and Engineering Methodology for Organization (DEMO)**<sup>[2]</sup>は、企業活動におけるデータ転記のような単純処理や、計算・加工といった意味付与を伴う処理ではなく、意思決定を伴う行為のみを記述するため、全体像を少ない情報量で簡潔に表すことができ、ビジネスの本質が見えやすくする強みがある。その有用性も既に事例によって確認されている。しかし、**DEMO** は方法論であって、具体的な実装方法はまだ決まっていない問題点がある。

**MIT Process Handbook** プロジェクト<sup>[16, 20]</sup>は、ビジネスに関する多量の有用なプロセス知識を体系化し、包括的なオンラインの知識リポジトリの構築を目指している。**MIT Process Handbook** では、**Coordination** 理論と **Process Specialization** の二つの概念に基

づいてモデル化が行われる。Coordination 理論は、リソースを媒介とした活動間の関係を記述する理論であり、活動 (Activity) により生産・消費されるリソースの扱われ方に着目し、リソースを結合する Fit, リソースを分配する Sharing, リソースを活動間で受け渡す Flow の 3 種類の基本依存関係を定義している。Process Specialization は、オブジェクト指向における継承の考え方をプロセス知識表現に取り入れ、具体プロセスが抽象プロセスのサブ活動などの属性を継承できるようにしたものである。本研究では、アクティビティ図の簡略表記によりモデル化を行うが、その中で、結合、分岐、ポストプロセスが表現できるようになっており、Coordination 理論に類似した表現を可能としている。また、オントロジーにおけるクラス階層において、活動クラスのサブクラスとしてプロセスを細分化できるようにしており、MIT Process Handbook における Process Specialization に類似した表現を可能としている。MIT Process Handbook では、SCOR モデルや American Productivity and Quality Center(APQC)のベンチマークに関連する Process Classification Framework (PCF) などのほかのビジネスプロセスモデルも蓄積しており、参照モデルとして利用できると考えられる。しかしながら、SCOR Lv.4 から Lv.3 への抽象化のように、粒度の異なるモデル間の調整を行うことが可能なツールの提供はなされていない。

セマンティック Web サービスは、オントロジーに基づいて Web サービスをモデリングすることにより、自動的なサービス発見、検索、合成、実行、監視などの機能を実現しようとするものである<sup>[18]</sup>。セマンティック

Web サービスのための代表的なサービス記述オントロジーとして OWL-S<sup>[17, 41]</sup>がある。OWL-S では、サービスを Profile, Model, Grounding の三つの要素で表現する。Profile は、サービス提供者やサービスが何をするものなのかといった情報を記述する。Model は、PSL などのプロセスモデリングやワークフロー標準などに基づき、サービスにおけるプロセスの IOPEs (入力 (input), 出力 (output), 事前条件 (precondition), 影響 (Effect)), コントロールフロー, データフローなどを記述する。Grounding は、どのように利用者がサービスにアクセスするかを記述し、OWL-S におけるプロセスと Web Service Description Language (WSDL) ファイルとの対応づけなどを行う。OWL-S におけるプロセスは、Web サービスと対応づけられるため、実行が可能であるのに対して、本研究におけるプロセスは人間 (アクタ) が実行する点が異なっている。本研究では、OWL-S における Profile や Grounding に相当する記述は行っていない。しかしながら、OWL-S における Model の記述方法は、OWL 形式で参照モデルや AS-IS モデルを記述するための参考としており、hasInput や hasOutput などのプロパティは、OWL-S と類似している。

PSLX は、インターネット上での利用を前提とした、生産計画・スケジューリングに関する情報記述の標準仕様である<sup>[26]</sup>。PSLX におけるドメインオントロジーの構成要素としては、#Operation, #Lot, #Task, #Function, #Item, #Capability, #Party, #Order, #Plan, #Resource, #Event, #Time, #Period, #Location, #Region などの概念が定義されている。本研究では、SCOR モデルと生産管理用語辞典

を参考に、活動、人工物、情報、文書といった概念を上位クラスに定義したが、SCORモデルに限定せず、PSLXに基づく参照モデルも対象とする場合には、PSLXにおけるドメインオントロジーを上位クラスとして利用することは有用であると考えられる。PSLXにおけるタスクオントロジーの構成要素としては、#Add, #Change, #Remove, #Confirm, #Notify, #Sync, #Get, #Showの八つが定義されている<sup>[29]</sup>。これらは、CommonKADS<sup>[34]</sup>などのタスクオントロジーと同様に、生産計画・スケジューリングに関する問題解決のタスクの部分をそのドメインから独立した形で定義している<sup>[6]</sup>。PSLXでは、ドメインオントロジーに基づいて、業務オブジェクトモデルを規定している。業務オブジェクトモデルは、問題領域におけるさまざまな対象を表現するためのクラスを定義し、製品や設備機器といった業務オブジェクトを表現する。また、タスクオントロジーに基づいて、業務アクティビティモデルを規定している。業務アクティビティは、業務オブジェクトを対象として何らかの行為を行い、その結果として現実を変化させるものである。業務アクティビティの例としては、「入庫による在庫数量の更新を行う」、「ロット情報を引き当てる」などが挙げられる。本研究とPSLXを比較すると、本研究では、人工物クラスとそのサブクラス群をプロセスの入出力となる業務オブジェクトのクラスとして定義し、これらはPSLXにおける業務オブジェクトモデルに相当すると考えられる。同様に、活動クラスとそのサブクラス群はプロセスのクラスとして定義し、これらは、PSLXにおける業務アクティビティモデルに相当すると考えら

れる。PSLX3では、リファレンスモデルとして業務アクティビティと業務オブジェクトを多数定義しており<sup>[27, 28]</sup>、これらは、本研究における生産管理用語辞典の代わりとして一部、利用が可能であると考えられる。また、今後、PSLXに基づいたリファレンスモデルが普及すれば、SCORモデルの代わりとして利用することが可能であると考えられる。PSLXは、独自に定義されたXMLスキーマに基づいて記述されるが、本研究ではOWLを採用しているため、AS-ISモデルを表現するために必要なクラス階層やプロパティをオントロジーに追加することや、セマンティックWebコミュニティで開発されているツールとの連携は行いやすいと考えられる。

以上より、プロセスをモデル化する枠組みは数多く提案されているが、既存の枠組みの多くは、汎用的にプロセスをモデル化できるようにすることを目指しているため、本研究が対象とするSCORモデルに特化した、AS-ISモデルと参照モデルを表現するためには、いずれの枠組みを利用する場合にも、独自の語彙(クラスやプロパティ)を定義する必要がある。本研究では、OWLを記述言語として採用しているため、独自の語彙を容易にオントロジーに拡張することができるようにしている。また、SCOR Lv.3とLv.4のように、モデルの粒度の差異を考慮して、モデリング可能な枠組みは既存研究には見られず、本研究の新規性のある点だと考えられる。さらに、半自動的にSCOR Lv.4からLv.3のように、モデルを抽象化するための手法やツールも既存研究には見られない点であると思われる。

## 7. ケーススタディ

### 7.1 機械部品製造メーカーの受注生産における製造工程のモデル構築

ケーススタディとして、機械部品製造メーカー（A社）の受注生産における製造工程のモデルを、モデリング支援ツールを用いて作成した。A社の製造工程は、注文情報をベースに、生産管理者が全体生産計画を作成することから始まり、製品の仕掛品を製造する。次に、生産された仕掛品を別の加工工程に投入して、製品の完成品を製造する。最後に、完成品を出荷計画に沿って、出荷する。

表5にA社の製造工程に含まれる業務プロセスとそのアクタ、業務プロセスと対応するSCOR標準プロセス、抽象化後のSCOR Lv.3プロセスとそのアクタを示す。表5において、計画作成、計画発行、製造オーダー票作成の3つの業務プロセスは、生産管理者がそのアクタとして業務プロセスを実行することを示している。また、SCOR標準プロセスにおけるM2.1列にチェックマークがついていることから、これらのプロセスはM2.1に対応することがわかる。また、抽象化後のSCOR Lv.3プロセス名はM2.1-1となり、そのアクタは、これら3つの業務プロセスのアクタである生産管理者となる。ここで、M2.1-1とM2.1-2に分割されているのは、図11に示すパターン2より、同一のSCOR Lv.3プロセスとhas-a関係にあるSCOR Lv.4プロセスが連続して実行されている場合でも、途中で実行するアクタが変わる場合には、SCOR Lv.3プロセスを分割し、同一のアクタが連続して実行するSCOR Lv.4プロセスをまとめて分割した

SCOR Lv.3プロセスに抽象化するルールが適用されるためである。製造計画受付、製造計画再作成、製造指示の3つ業務プロセスもM2.1に対応し、先に示した3つの業務プロセスと連続して実行されるが、これらの業務プロセスのアクタは職長で、先の3つの業務プロセスのアクタである生産管理者とは異なるため、M2-1をM2.1-1とM2.1-2の2つのプロセスに分割した上で、抽象化を行っている。その他のSCOR Lv.4プロセスからSCOR Lv.3プロセスへの抽象化については、図19から図22において詳細を説明する。

表6に業務プロセスとそのポストプロセス(has-a関係にあるSCOR Lv.3プロセス)、抽象化後のSCOR Lv.3プロセスとそのポストプロセスを示す。表6において、計画作成のポストプロセスは、計画発行であることがわかる。「業務プロセスのポストプロセス」列において、プロセス名の後に括弧書きで記載されているのは、そのプロセスをSCOR Lv.3に抽象化した後のプロセスである。これにより、例えば、計画発行プロセスは、M2.1-1に抽象化されることがわかる。また、「抽象化後のSCOR Lv.3プロセス」列より、計画作成、計画発行、製造オーダー票作成は、M2.1-1に抽象化されることがわかる。「抽象化後のSCOR Lv.3プロセスのポストプロセス」は、SCOR Lv.3プロセスと対応づけられたSCOR Lv.4プロセスのポストプロセスが抽象化されたSCOR Lv.3プロセスの集合となる。ここでは、SCOR Lv.3プロセスM2.1-1と対応づけられたSCOR Lv.4プロセスは、計画作成、計画発行、製造オーダー票作成であり、これらのプロセスのポストプロセスは、計画発行(M2.1-1)、製造オー

ダ票作成(M2.1-1), 製造計画受付(M2.1-2), 素材準備(M2.2+M2.3)である。ここで、括弧内は対応する SCOR Lv.3 プロセスを表すため、これらの SCOR Lv.3 プロセスの集合から対象 SCOR Lv.3 プロセスである M2.1-1 を除いた、M2.1-2 と M2.2+M2.3 が、M2.1-1 のポストプロセスとなる。

表 7 に業務プロセスの入出力と抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスの入出力を示す。ここで、SCOR Lv.3 プロセスの入出力は、そのプロセスと対応する SCOR Lv.4 プロセスの入出力集合となる。表 7 において、SCOR Lv.3 プロセス M2.1-1 に対応する SCOR Lv.4 プロセスは、計画作成、計画発行、製造オーダー票作成であり、計画作成の入力は A,B,C,D, 計画発行の入力は E,D, 製造オーダー票作成の入力は E,D であることから、これらのプロセスの入力の集合である、A,B,C,D,E が M2.1-1 の入力となる。出力についても同様である。ここで、入出力記号 A から N と対応する実体の名称を表 9 に示す。以下、本章の図表における記号 A から N は、表 9 に示した記号と対応する実体の名称を表している。

表 5 から表 7 を参照して、SCOR Lv.4 相当の A 社の製造工程を表現したアクティビティ図を図 17 に示す。また、図 17 に示した A 社の製造工程を表現したアクティビティ図を、モデリング支援ツールを用いて構築したスクリーンショットを付録 1 に示す。図 17 と付録 1 より、モデリング支援ツールにより、A 社の製造工程を表現したアクティビティ図を正確に表現可能なことがわかる。

表 8 にモデリング支援ツールが出力した SCOR Lv.3 相当の AS-IS モデルを、図 18

に表 8 を視覚化した図を示す。表 8 では、各行が抽象化された SCOR Lv.3 プロセスに関する入出力、ポストプロセス、プロセスを実行するアクタを示している。例えば、M2.1-1 プロセスの入力は、「A,B,C,D,E」、出力は「E,K」、ポストプロセスは「M2.1-2, M2.2+M2.3」、アクタは生産管理者であることを示している。図 18 では、プロセスを角丸矩形、入出力を矩形、人型のアイコンをアクタ、入出力とプロセスの関係を点線、プロセスとアクタの関係を実線で表現している。

図 19 から図 22 に、4.2 節で述べたどの抽象化パターンを A 社の SCOR Lv.4 相当の AS-IS モデルに適用することにより、SCOR Lv.3 に抽象化を行ったかを示す。図 19 から図 22 では、入出力は省略している。また、各プロセスには has-a 関係にある SCOR Lv.3 プロセス (M2.1 から M2.6) を示している。M2.1 は製造スケジューリング、M2.2 は資材\_仕掛品の投入、M2.3 は製造とテスト、M2.4 は梱包、M2.5 は完成品の仮置、M2.6 は完成品の Deliver プロセスへの移管をそれぞれ示している。

図 19 では、生産管理者により連続して実行される計画作成、計画発行、製造オーダー票発行プロセスと職長により連続して実行される製造計画受付、製造計画再作成、製造指示プロセスは、すべて SCOR Lv.3 の M2.1 と has-a 関係にあることを示している。ここで、計画発行から製造計画受付プロセスへ遷移する際に、アクタが生産管理者から職長へと変更されているため、図 11 に示した抽象化パターン 2 を適用し、計画作成、計画発行、製造オーダー票発行を M2.1-1、製造計画受付、製造計画再作成、製造指示を M2.1-2

へそれぞれ抽象化する。

図 20 では、素材準備、素材投入、仕掛品投入プロセスは M2.2 と、マシン切替、仕掛品置場に移動、加工、検査、仮置プロセスは M2.3 とそれぞれ has-a 関係にある。ここで、素材準備、素材投入、マシン切替、仕掛品置場に移動、仕掛品投入プロセスは、すべて段取マンにより連続して実行されるため、図

12 に示した抽象化パターン 3 を適用し、M2.2+M2.3 に抽象化する。加工、検査、仮置プロセスについては、製造担当者により連続して実行されるため、図 19 に示した抽象化パターン 1 を適用し、M2.3-1 に抽象化する。(図 21 より、別のプロセス群も M2.3 に抽象化されるため、区別するために、M2.3 ではなく M2.3-1 としている。)

表 5 業務プロセスとそのアクタ、業務プロセスと対応する SCOR 標準プロセス、抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスとそのアクタ

業務プロセス	業務プロセスのアクタ	SCOR 標準プロセス						抽象化後の SCOR Lv.3 プロセス	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスのアクタ
		M2.1	M2.2	M2.3	M2.4	M2.5	M2.6		
計画作成	生産管理者	✓						M2.1-1	生産管理者
計画発行	生産管理者	✓							
製造オーダー票作成	生産管理者	✓							
製造計画受付	職長	✓						M2.1-2	職長
製造計画再作成	職長	✓							
製造指示	職長	✓							
素材準備	段取マン		✓					M2.2+M2.3	段取マン
素材投入	段取マン		✓						
仕掛品投入	段取マン		✓						
マシン切替	段取マン			✓					
仕掛品置場に移行	段取マン			✓					
加工	製造担当者			✓				M2.3-1	製造担当者
検査	製造担当者			✓					
仮置	製造担当者			✓					
実績報告				✓				M2.3-2	
出荷計画受付	出荷担当者					✓		M2.5+M2.6	出荷担当者
完成品の照合	出荷担当者					✓			
出荷手続	出荷担当者					✓			
完成品置場に移行	出荷担当者						✓		

表 6 業務プロセスとそのポストプロセス, 抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスとそのポストプロセス

業務プロセス	業務プロセスのポストプロセス	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセス	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスのポストプロセス
計画作成	計画発行(M2.1-1)	M2.1-1	M2.1-2, M2.2+M2.3
計画発行	製造オーダー票作成(M2.1-1), 製造計画受付(M2.1-2)		
製造オーダー票作成	素材準備(M2.2+M2.3)		
製造計画受付	製造計画再作成(M2.1-2), 製造指示(M2.1-2)	M2.1-2	M2.2+M2.3, M2.3-1
製造計画再作成	製造指示(M2.1-2)		
製造指示	素材投入(M2.2+M2.3), 仕掛品投入(M2.2+M2.3), 加工(M2.3-1)		
素材準備	素材投入(M2.2+M2.3)	M2.2+M2.3	M2.3-1, M2.5+M2.6
素材投入	マシン切替(M2.2+M2.3)		
仕掛品投入	マシン切替(M2.2+M2.3)		
マシン切替	加工(M2.3-1)		
仕掛品置場に移行	仕掛品投入(M2.2 +M2.3)		
加工	検査(M2.3-1)	M2.3-1	M2.2+M2.3
検査	仮置(M2.3-1),素材投入(M2.2+M2.3)		
仮置	仕掛品置場に移行(M2.2+M2.3), 完成品置場に移行(M2.5+M2.6)		
実績報告		M2.3-2	
出荷計画受付	完成品の照合(M2.5+M2.6)	M2.5+M2.6	
完成品の照合			
出荷手続	出荷手続き(M2.5+M2.6)		
完成品置場に移行			

表7 業務プロセスの入出力と抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスの入出力

業務プロセス	業務プロセスの入力	業務プロセスの出力	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセス	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスの入力	抽象化後の SCOR Lv.3 プロセスの出力
計画作成	A,B,C,D	E	M2.1-1	A,B,C,D,E	E,K
計画発行	E,D	K			
製造オーダー票作成	E,D	E			
製造計画受付	C,E	E	M2.1-2	C,E	E
製造計画再作成	C,E	E			
製造指示	E	E			
素材準備	D,E,F,G,H,L	F,I,J,L	M2.2+M2.3	D,E,F,G,H,L	A,F,I,J,L,M
素材投入					
仕掛品投入					
マシン切替	E,L	A,M			
仕掛品置場に移行					
加工	E		M2.3-1	E	
検査					
仮置					
実績報告	A	A	M2.3-2	A	A
出荷計画受付	D,E,K,N	A	M2.5+M2.6	D,E,K,N	A
完成品の照合					
出荷手続					
完成品置場に移行					

表8 モデリング支援ツールが出力した SCOR Lv.3 相当の AS-IS モデル

SCOR Lv.3 プロセス	入力	出力	ポストプロセス	アクタ
M2.1-1	A,B,C,D,E	E,K	M2.1-2, M2.2+M2.3	生産管理者
M2.1-2	C,E	E	M2.2+M2.3, M2.3-1	職長
M2.2+M2.3	D,E,F,G,H,L	A,F,I,J,L,M	M2.3-1, M2.5+M2.6	段取マン
M2.3-1	E		M2.2+M2.3	製造担当者
M2.3-2	A	A		
M2.5+M2.6	D,E,K,N	A		出荷担当者

表9 本章で示した図表の入出力記号と名称の対応表

入出力記号	名称	入出力記号	名称
A	フィードバック情報	H	仕掛品の保管場所ルール
B	受入予定情報	I	在庫補充シグナル
C	設備と施設のスケジュールと計画	J	調達プロダクトの保管場所情報
D	生産計画	K	Deliver 計画
E	製造スケジュールリング情報	L	素材・仕掛品
F	利用可能在庫情報	M	仕掛品・製品
G	仕掛品のハンドリングルール	N	製品

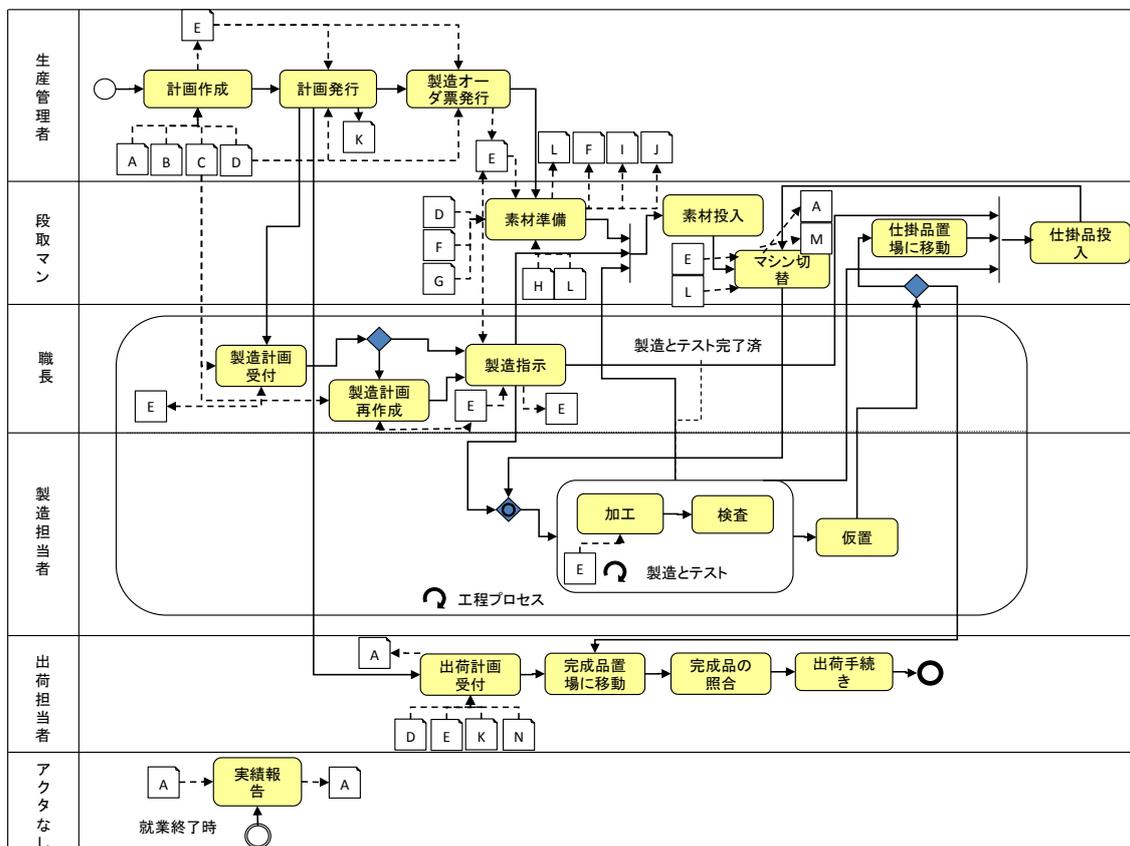


図17 SCOR Lv.4 相当の A 社の製造工程アクティビティ図

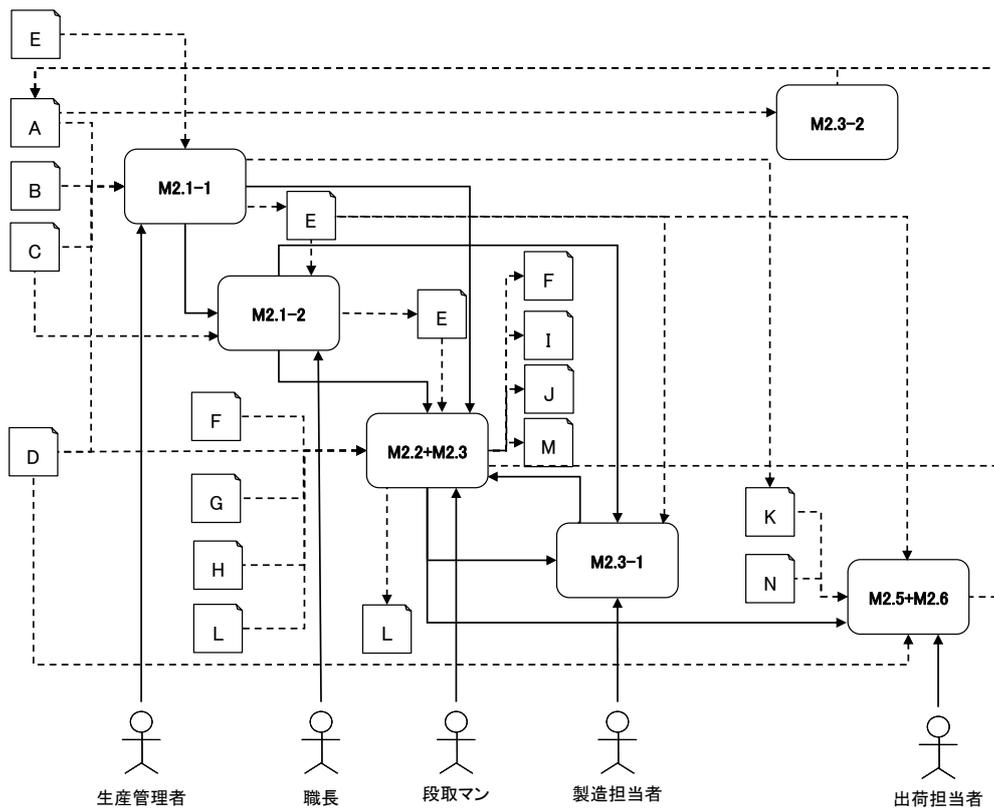


図 18 SCOR Lv.3 相当の A 社の製造工程アクティビティ図

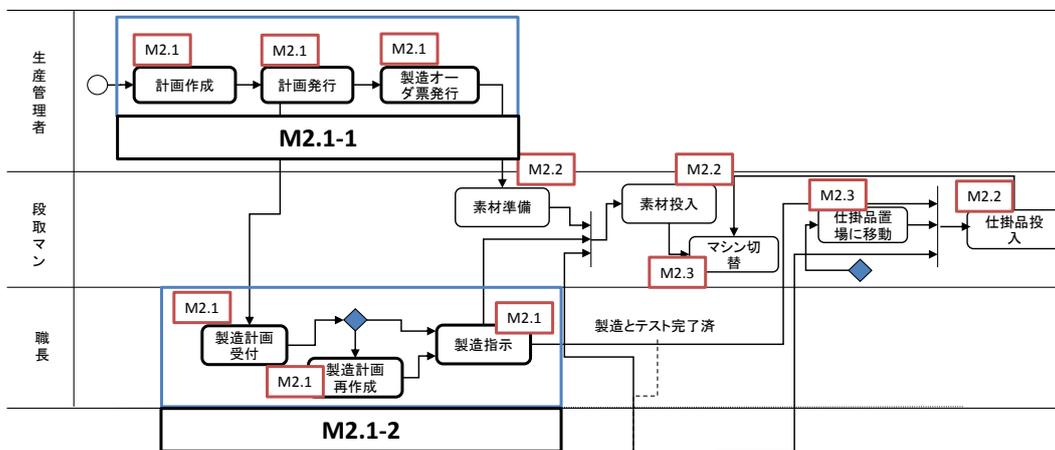


図 19 抽象化のパターン 2 を適用した M2.1-1 と M2.1-2 への抽象化

図 21 では、実績報告プロセスは M2.3 と has-a 関係にある。実績報告プロセスにはアクタが定義されていないため、図 13 に示した抽象化パターン 4 を適用し、M2.3-2 に抽象化する。

図 22 では、出荷計画受付、完成品の照合、出荷手続きプロセスは M2.5 と、完成品置場に移動プロセスは M2.6 とそれぞれ has-a 関係にある。これらのプロセスはすべて出荷

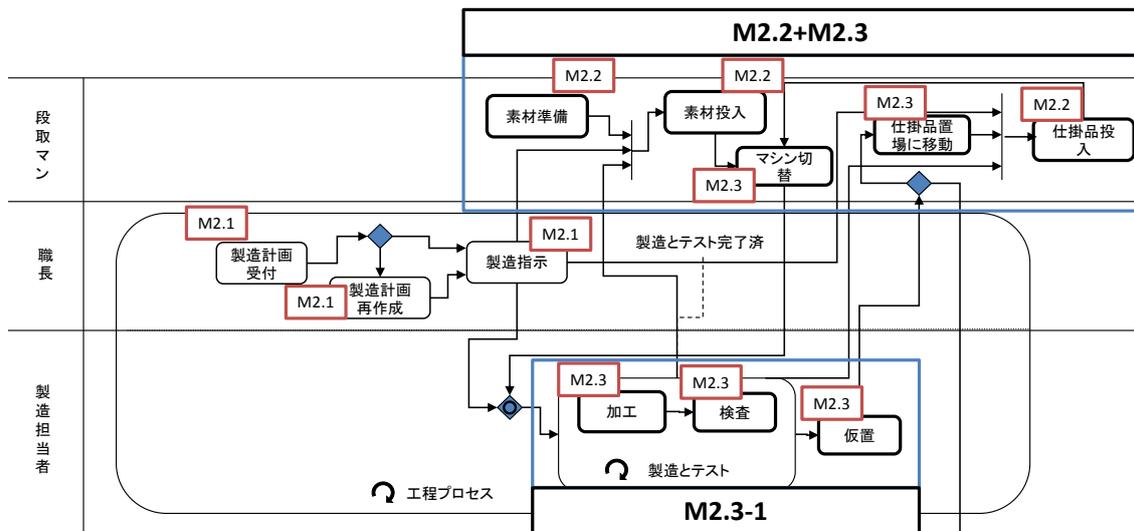


図 20 抽象化のパターン 3 を適用した M2.2+M2.3 への抽象化と  
抽象化のパターン 1 を適用した M2.3-1 への抽象化

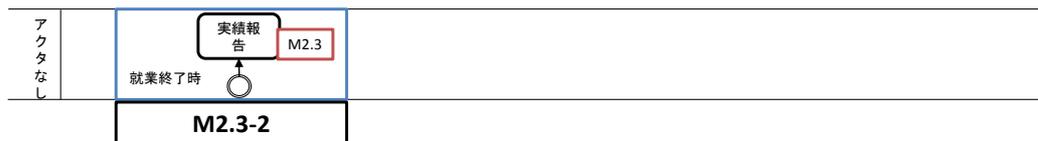


図 21 抽象化のパターン 4 を適用した M2.3-2 への抽象化

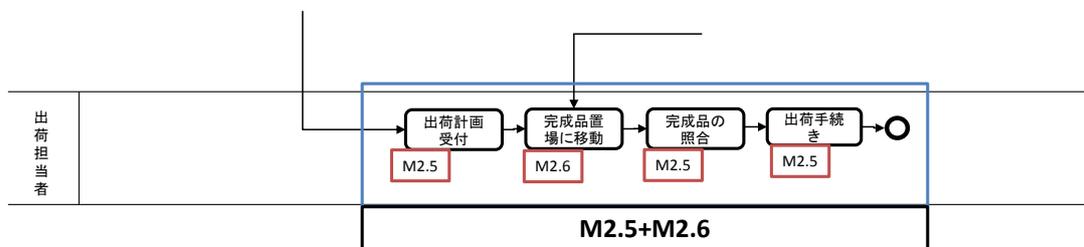


図 22 抽象化のパターン 3 を適用した M2.5+M2.6 への抽象化

担当者により連続して実行されるため、抽象化パターン 3 を適用することにより、M2.5+M2.6 に抽象化を行う。

図 23 に、OWL 形式でモデル化した SCOR Lv.3 相当の A 社製造工程 AS-IS モデルの一部を示す。基本的には、表 3 に示した postProcess, hasActor, hasInput, hasOutput プロパティを用いて SCOR Lv.4 モデルと同様

に SCOR Lv.3 モデルを OWL 形式でモデル化する。M2.2+M2.3 のように、複数の SCOR Lv.3 プロセスが抽象化により結合した場合は、「M2.2\_資材\_仕掛品の投入」と「M2.3\_製造とテスト」の両方のクラスを rdf:type として持つインスタンスを作成することにより表現した。

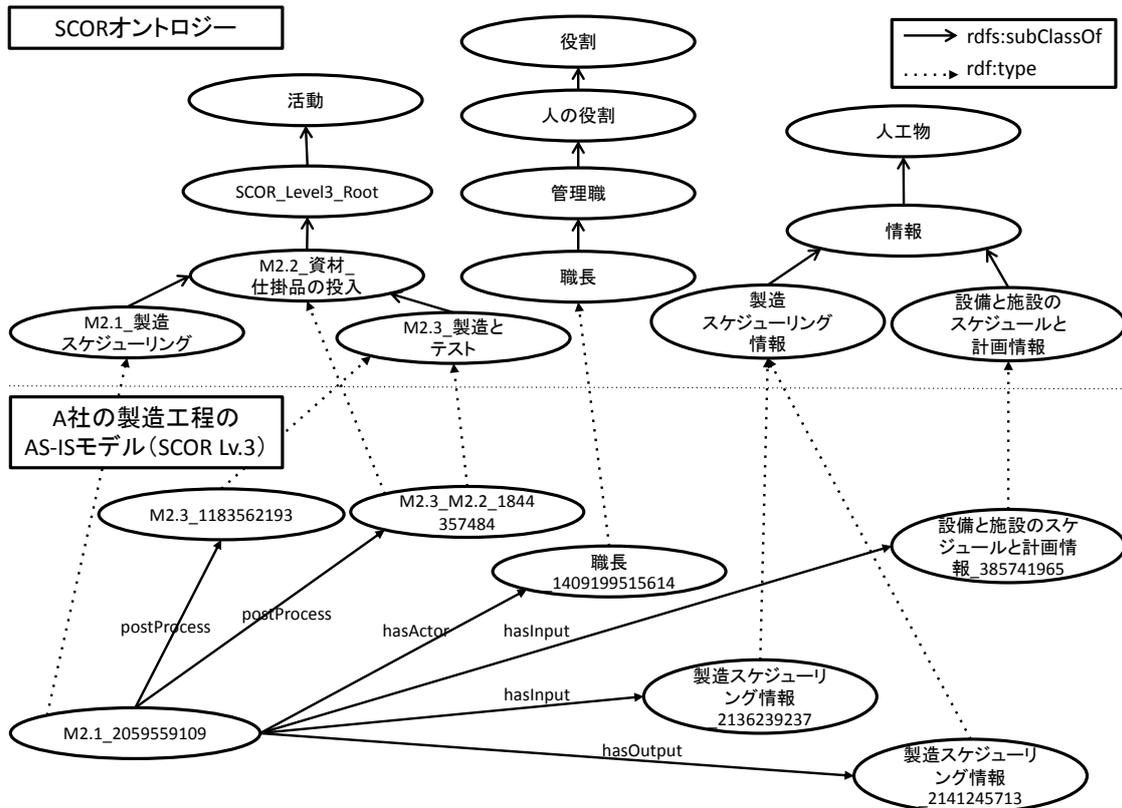


図 23 OWL 形式でモデル化した SCOR Lv.3 相当の A 社製造工程 AS-IS モデルの一部

付録 2 に、モデリング支援ツール RDF/XML 形式で出力した SCOR Lv.3 相当の A 社製造工程 AS-IS モデルの一部を示す。RDF/XML 形式は、OWL のシリアライズ形式の一つである。付録 2 では、プロセス、アクタ、入出力の各インスタンスのタイプについての定義は省略している。また、モデリング支援ツールでは、インスタンスを一意に識別するために、アクティビティエディタ上の

Java オブジェクト (プロセスや入出力など) のハッシュコードを RDF/XML 形式で出力する際の各インスタンスの URI の一部に割り当てている。

以上より、現実の機械部品製造メーカー A 社の受注生産の製造工程をモデリング支援ツールにより、アクティビティ図として表現可能であることが確認できた。

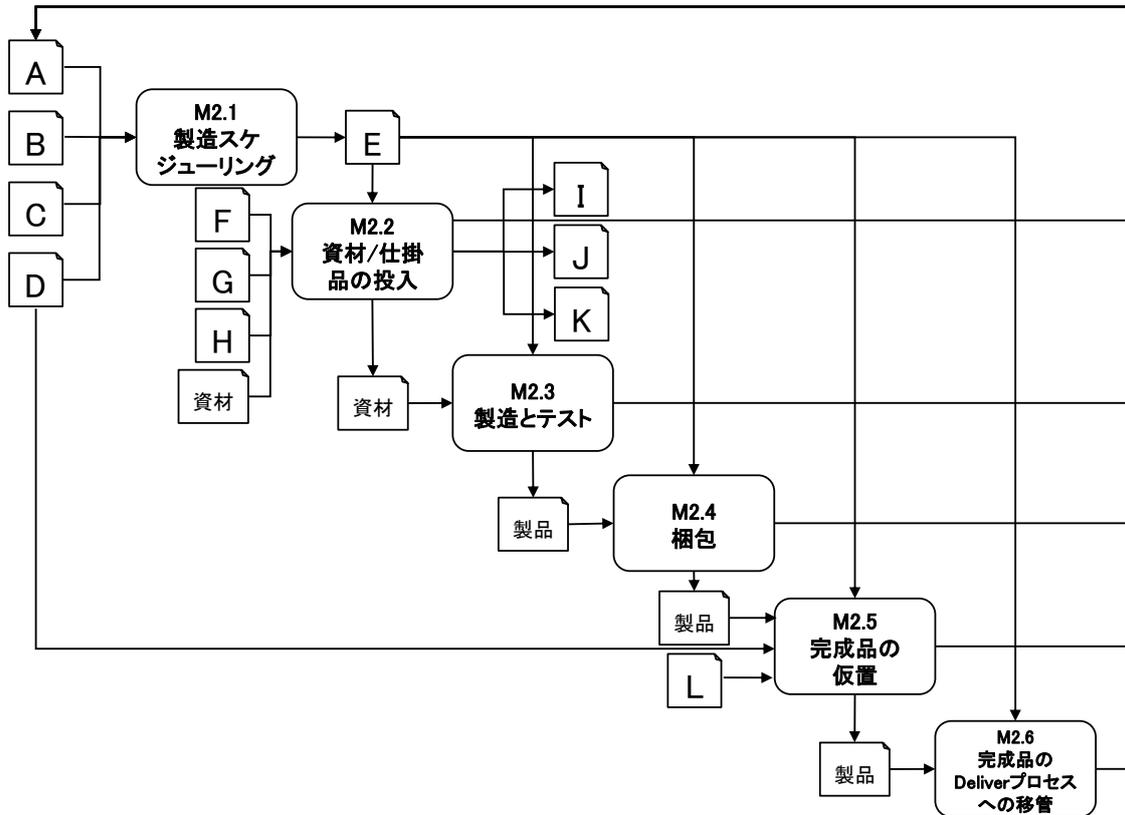


図 24 SCOR 標準モデルにおける「M2：受注生産」

## 7.2 考察

本節では、モデリング支援ツールと 7.1 節で構築した SCOR Lv.3 相当の A 社製造工程 AS-IS モデルについて評価および考察を行う。また、本研究において、AS-IS モデルを SCOR Lv.3 の抽象度に抽象化し、参照モデルと比較可能にすることの意義について考察する。

手動で SCOR Lv.4 相当の AS-IS モデルを SCOR Lv.3 相当の AS-IS モデルに抽象化するためには、7.1 節の図 17 に示したような SCOR Lv.4 相当のアクティビティ図から、表 6 から表 8 に示したような、各 Lv.4 プロセスの入出力、ポストプロセス、アクタを表形式で整理し、Lv.4 プロセスと SCOR 標準プロセスの対応関係から、結合や分割を含

めた Lv.4 プロセスから Lv.3 プロセスへの抽象化と抽象化後の Lv.3 プロセスにおける入出力、ポストプロセス、アクタを手動で計算し、表 9 に示すような Lv.3 相当のモデルを構築する必要がある。これらの作業は、作業者の大きな負担となる。一方、モデリング支援ツールを用いることで、ユーザは、付録 1 に示したようなアクティビティエディタ上で Lv.4 相当の AS-IS モデルを構築し、各 Lv.4 プロセスについて、図 16 に示したダイアログから SCOR 標準プロセスとの対応関係を入力するのみで、結合や分割を含めた Lv.3 プロセスへの抽象化や抽象化後の Lv.3 プロセスにおける入出力、ポストプロセス、アクタを自動的に計算し、計算機可読な OWL 形式で出力することが可能となる。こ

れにより、SCOR 標準モデルも OWL 形式で記述することにより、AS-IS モデルと SCOR 標準モデルの差異を自動的に抽出することが可能になると考えられる。

図 24 に SCOR 標準モデルにおける「M2: 受注生産」を示す。図 18 の SCOR Lv.3 相当の A 社の製造工程アクティビティ図と図 24 を比較することにより、例えば、A 社では、M2.1 の製造スケジューリングを 2 つのプロセスに分けて、二人のアクタが実行しているのに対して、SCOR 標準モデルでは一つのプロセスとして実行していることがわかる。また、M2.5 完成品の仮置と M2.6 完成品の Deliver プロセスへの移管については、SCOR 標準プロセスでは、2 つのプロセスに分けて実行しているのに対して、A 社では M2.5+M2.6 の一つのプロセスにまとめて、一人のアクタが実行していることがわかる。その他にも、SCOR 標準モデルと抽象化した AS-IS モデルにおける各プロセスの入出力やポストプロセスの差異を比較することも可能であることがわかる。以上より、モデリング支援ツールが抽象化した Lv.3 相当の AS-IS モデルは SCOR 標準モデルと比較可能である適切な抽象度で抽象化が行えていることが確認できた。

最後に、本研究において、AS-IS モデルを SCOR Lv.3 の抽象度に抽象化し、参照モデルと比較可能にすることの意義について考察する。SCOR Lv.3 のような一般的な内容の抽象度に抽象化してモデルを比較する場合、AS-IS モデルと参照モデルの差が多く出ないことが想像される。しかしながら、SCOR Lv.3 に記載の内容は一般的な内容であるため、同一の生産ラインにおいて、似たような処理(プロセス)が実施されていた場

合には、それを「プロセスの分離」と第 3 者が判断できるようになる。特に日本の製造現場では、分業化が進んでいるところも多く、各処理のエキスパートは、自分が担当する処理は特別・個別なものであると認識されている場合がみられる。このような見方は、確かに現場での処理レベルの改善(いわゆる作業改善)は進んだとしても、生産ライン全体にわたるような(例:プロセスの統合)大きな改革(全体最適)を行う上では、かえって視野を狭めてしまっているリスクもある。本研究の 1 つの意義は、製造現場のエキスパートではない第 3 者(分析者)だとしても、生産ラインの全体最適化を促すような気づき(例:類似プロセスが分離して存在しているので統合できるかもしれない)を、エキスパートに対して与えることができることである。SCOR Lv.3 の汎用的な内容は、まさにそのために必要な抽象度であると考えられる。

## 8. おわりに

本研究では、企業の生産管理プロセスを分析する際に、製造現場の AS-IS モデリング支援から相違点の抽出までを一括で対応できる支援システムのサブシステムとして、SCOR オントロジーに基づく生産管理プロセスモデリング支援システムを実装した。

本研究で採用した参照モデルは、SCOR モデルである。モデリング支援と差異抽出機能を搭載した提案システムのために、モデリング支援と差異抽出を行う時に必要とされる計算機可読な知識体系として SCOR オントロジーを構築した。SCOR オントロジーは、ドメインオントロジーであり、SCOR Lv.3 と生産管理用語辞典からの概念

を抽出して構築した。この抽出によって、具体度が高い製造現場の概念と抽象度が高い SCOR モデルの概念を対応付けることができた。

ケーススタディとして、機械部品製造メーカー（A 社）の受注生産の製造工程のモデルを、モデリング支援システムを用いて作成した。その結果、モデリング支援システムを用いて A 社の製造工程のモデルを適切に構築できることが確認できた。さらに、SCOR プロセスを基に作成された現場の AS-IS モデルを、参照モデルと比較するための抽象化が、計算機可読な SCOR オントロジーとモデルを活用することによって自動化できた。

これまででは、AS-IS モデルと参照モデルの抽象度が異なるために、AS-IS モデルの抽象度を参照モデルの抽象度に合わせる作業に多大な負担がかかっており、人手でモデル間の相違点を特定することでさえ、困難であった。本研究で開発したモデリング支援システムにより、AS-IS モデルと参照モデルの抽象度を合わせる事が容易となり、人手により AS-IS モデルと参照モデルとの相違点を特定することが可能になったと考えられる。また、これまででは、AS-IS モデルと参照モデルを計算機可読な形式で表現できていなかったため、ソフトウェアによりモデル間の比較や分析などを行うことが困難であった。モデリング支援システムの実現により、計算機可読な形式でモデルを出力可能となり、モデル間の比較や分析を行うことが可能になったと考えられる。

今後は、人手による AS-IS モデルと参照モデルの相違点を特定することの負担を軽減するために、本研究を基に、モデル間の差

異を自動的に抽出することで、現場の担当者に AS-IS モデルの良い部分と悪い部分の両面に気付きを与えて、現状をあらためて深く理解することを支援することが可能な分析支援システムの研究開発を行う予定である。

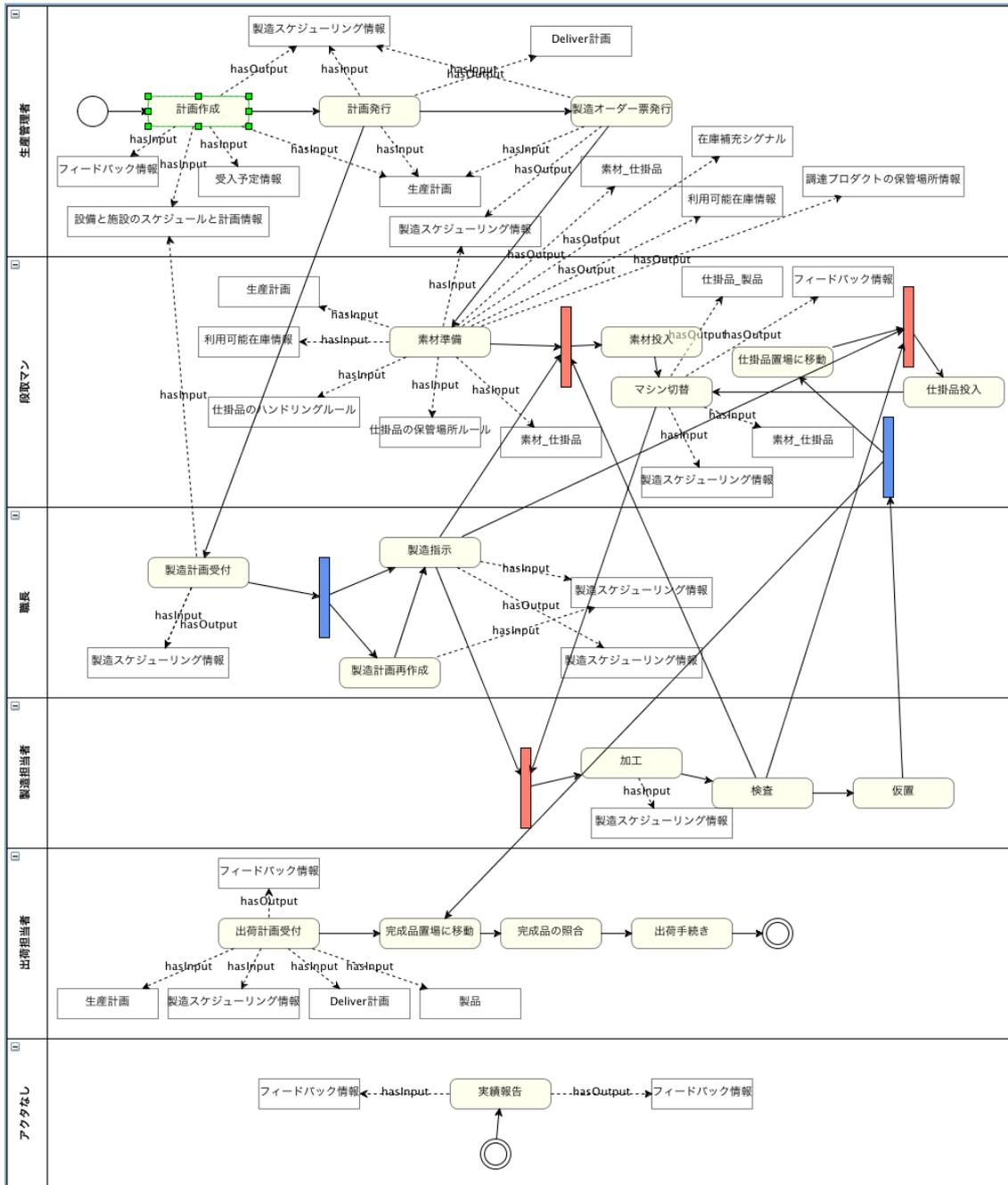
## 参考文献

- [1] Activity Diagram, <http://www.omg.org/>, 2015-12-16.
- [2] Dietz, J.L.G, “Understanding and Modeling Business Processes with DEMO”, Proceeding ER '99 Proceedings of the 18th International Conference on Conceptual Modeling, 1999.
- [3] 榎本昌之, “サプライチェーンマネジメント推進における組織の変革・ビジネスプロセスの改革”, 品質, Vol.31, No.1, pp.27-34, 2001.
- [4] Eriksson, H. E. and Penker, M., “Business Modeling with UML: Business Patterns at Work”, Wiley, 2000.
- [5] Fowler, M. and Scott, K., “UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language”, 1997.
- [6] 堀雅洋, 瀬田和久, “問題解決タスクのためのオントロジー”, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 159-165, 2004.
- [7] 伊藤亮吾, 河口知幸, 山口高平, “細粒度エンタープライズオントロジーに基づく B P R 支援環境”, 人工知能学会知識ベースシステム研究会 (第 46 回), pp.29-34, 2000.
- [8] 和泉憲明, 吉岡健, 山口高平, “ビジネス指向のサービス関連オントロジー”, 人工知能学会誌, Vol. 19, No.2, pp. 151-

- 158, 2004.
- [9] Jena, <http://jena.apache.org>, 2015-12-16.
- [10] JGraph, <http://www.jgraph.com/>, 2015-12-16.
- [11] 來村徳信, 笹嶋宗彦, 溝口理一郎, “目的指向プロセスのオントロジー的共通性に基づいた人工物機能とモバイルユーザー行動のモデリングとその応用”, 人工知能学会誌, Vol. 25, No.4, pp. 526-536, 2010.
- [12] 來村徳信 (編著), 人工知能学会 (編集), “オントロジーの普及と応用”, オーム社, 2012.
- [13] Knowledge Based Systems, Inc., “IDEF Family of Methods”, <http://www.idef.com>, 2010.
- [14] Knowledge Interchange Format, Part 1: KIF-Core, ISO/JTC1/SC32/WG2, WD, 1999.
- [15] 小林隆, “ビジネスプロセスのモデリングと設計”, コロナ社, 2005.
- [16] Malone, T. W., Crowston, K. and Herman, G. A. (eds.), “Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook”, MIT Press, 2003.
- [17] David Martin, Mark Burstein, Drew McDermott, Sheila McIlraith, Massimo Paolucci, Katia Sycara, Deborah L. McGuinness, Evren Sirin, Naveen Srinivasan, "Bringing Semantics to Web Services with OWL-S" World Wide Web Journal 10(3), pp. 243-277, 2007.
- [18] 益岡竜介, “米国におけるセマンティック Web サービスの現状と動向”, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 6, pp. 629-638, 2005.
- [19] Mike Uschold, Martin King, Stuart Moralee, Yannis Zorgios, “The Enterprise Ontology”, Knowledge Engineering Review Vol.13, Cambridge University Press, 1998.
- [20] MIT Center for Coordination Science, “The MIT Process Handbook Project”, <http://ccs.mit.edu/ph/>, 2003.
- [21] 溝口理一郎, “オントロジー工学”, オーム社, 2005.
- [22] National Institute of Standards and Technology, “Integration definition for function modeling (IDEF0)”, Federal Information Processing Standards Publications 183, 1983.
- [23] National Institute of Standards and Technology, “Process Specification Language (PSL)”, <http://www.mel.nist.gov/psl/index.html>, 2008.
- [24] 日本経営工学会, “生産管理用語辞典”, 日本規格協会, 2002.
- [25] 西岡靖之, “離散型プロセス記述のためのオントロジー: PSL”, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 166-171, 2004.
- [26] 西岡靖之, “ものづくり情報連携におけるオントロジーの応用”, 人工知能学会誌, Vol.25, No. 4, pp. 518-525, 2010.
- [27] NPO 法人ものづくり APS 推進機構, “製造業情報連携プラットフォームリファレンスモデル (前編) 業務アクティビティ”, PSLX バージョン 3 仕様書パート 2, 2014.
- [28] NPO 法人ものづくり APS 推進機構, “製造業情報連携プラットフォームリファレンスモデル (後編) 業務オブジェクト”, PSLX バージョン 3 仕様書パート 2, 2014.

- ト 3, 2014.
- [29] OASIS PPS TC, Transaction Messages, OASIS Production Planning and Scheduling Part 2, <http://www.oasis-open.org/>, 2010.
- [30] 大町憲朗, 垣内喜久男, “電力自由化におけるリファレンスモデル活用の課題解決アプローチ”, UNISYS TECHNOLOGY REVIEW, 第 88 号, pp.71-89, 2006.
- [31] OWL, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 2015-12-16.
- [32] Protégé, <http://protege.stanford.edu/>, 2015-12-16.
- [33] RDF, <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>, 2015-12-16.
- [34] Schreiber, Guus T. and Akkermans, Hans, “Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology”, MIT Press, 2000.
- [35] SCOR Framework, <http://www.apics.org/sites/apics-supply-chain-council/frameworks/scor>, 2015-12-16.
- [36] Ross, D. T., “Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas”, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-3, Issue 1, pp. 16-34, 1977.
- [37] 島田達己, “情報技術によるビジネスプロセスの内部化と外部化について”, 経営行動, vol.10, no.3, pp.22-31, 1995.
- [38] 徳山博子, 中川義之, 沖野俊之, “ビジネスプロセスの改革と分析手法の役割”, オペレーションズ・リサーチ, 1997年4月号, pp.182-187, 1997.
- [39] 渡辺和宣, “入手可能なビジネスプロセス参照モデルの紹介および利用による効用”, 電子情報通信学会, 信学技報 (ソフトウェアインタプライズモデリング研究専門委員会), Vol.107, No.128, pp.23-28, 2007.
- [40] 渡辺和宣, “ビジネスプロセス参照モデルを利用したサプライチェーン改革と情報システム構築の統合(詳細計画フェーズ)”, 電子情報通信学会. 信学技報 (ソフトウェアインタプライズモデリング), Vol. 106, No. 85, pp. 7-12, 2006.
- [41] W3C, “OWL-S: Semantic Markup for Web Services”, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>, 2004.

【付録 1】 モデリング支援ツールを用いて構築した SCOR Lv.4 相当の A 社の製造工程アクティビティ図のスクリーンショット



## 【付録 2】モデリング支援ツールが RDF/XML 形式で出力した SCOR Lv.3 相当の A 社製造工程 AS-IS モデルの一部

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <!ENTITY j.0 "http://yamaguti.comp.ae.keio.ac.jp/scor_ontology#" > ]>
<rdf:RDF xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.w3.org/2002/07/owl"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:j.0="http://yamaguti.comp.ae.keio.ac.jp/scor_ontology#">
  <j.0:M2.1 製造スケジュールリング rdf:about="&j.0;M2.1_1078209429">
    <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
    <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;Deliver 計画_992478354"/>
    <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0;M2.1_2059559109"/>
    <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0;M2.3_M2.2_1844357484"/>
    <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;生産管理者_1409046612289"/>
    <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;生産計画_1385112968"/>
    <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_298792720"/>
    <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_870919696"/>
  </j.0:M2.1 製造スケジュールリング>

  <j.0:M2.1 製造スケジュールリング rdf:about="&j.0;M2.1_2059559109">
    <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
    <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0;M2.3_1183562193"/>
    <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0;M2.3_M2.2_1844357484"/>
    <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;職長_1409199515614"/>
    <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_2136239237"/>
    <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_2141245713"/>
    <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;設備と施設のスケジュールと計画情報_385741965"/>
  </j.0:M2.1 製造スケジュールリング>

  <j.0:M2.3 製造とテスト rdf:about="&j.0;M2.3_1183562193">
    <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
    <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0;M2.3_M2.2_1844357484"/>
    <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_752909931"/>
    <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;製造担当者_1409199609254"/>
  </j.0:M2.3 製造とテスト>

```

```

<j.0:M2.3 製造とテスト rdf:about="&j.0:M2.3_2020010822">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
  <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;アクタなし_1409199807057"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;フィードバック情報_1337272790"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;フィードバック情報_2127415675"/>
</j.0:M2.3 製造とテスト>

<j.0:M2.3 製造とテスト rdf:about="&j.0:M2.3_M2.2_1844357484">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
  <rdf:type rdf:resource="&j.0:M2.2 資材_仕掛品の投入"/>
  <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0:M2.3_1183562193"/>
  <j.0:postProcess rdf:resource="&j.0:M2.6_M2.5_1505915906"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;フィードバック情報_1829563570"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;仕掛品_製品_2133026363"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;利用可能在庫情報_1595229976"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;在庫補充シグナル_569329915"/>
  <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;段取マン_1409050360578"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;素材_仕掛品_1688234020"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;素材_仕掛品_998859817"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_957275720"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;調達プロダクトの保管場所情報_1804063244"/>
</j.0:M2.3 製造とテスト>

<j.0:M2.6 完成品の Deliver プロセスへの移管 rdf:about="&j.0:M2.6_M2.5_1505915906">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;NamedIndividual"/>
  <rdf:type rdf:resource="&j.0:M2.5 完成品の仮置"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;Deliver 計画_1868522617"/>
  <j.0:hasOutput rdf:resource="&j.0;フィードバック情報_1694361818"/>
  <j.0:hasActor rdf:resource="&j.0;出荷担当者_1409199682962"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;生産計画_100913843"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製品_1606253838"/>
  <j.0:hasInput rdf:resource="&j.0;製造スケジュールリング情報_291328829"/>
</j.0:M2.6 完成品の Deliver プロセスへの移管>
</rdf:RDF>

```