

ビジネス・プロセスのステートマシンの 構築に向けての再検討

堀 内 恵
清 水 智

目 次

1. はじめに
2. ビジネス・プロセスの記録についての基本的な理解
3. ビジネス取引モデルの基本的理解
4. Horiuchi & McCarthy (2011a) のステートマシンの特徴と課題
5. カラード・ペトリ・ネットによるビジネス取引のステートマシンの設計
6. むすびにかえて

1. はじめに

多くの日本の企業は、リーマンショック以来、これまでに経験したことがない円高、東日本大震災、それに伴う電力不足、タイの洪水、欧州債務危機、新興国の人件費の高騰等、自然災害や不測事態に対して柔軟な対応が可能なサプライチェーンの構築が迫られている。これまでの効率性の向上一辺倒ともいえるサプライチェーンから、不測の事態に対応して柔軟な組み換えが可能なサプライチェーン、あるいはグローバル資源を状況的に適宜活用する環境適応性のあるサプライチェーンに向けて、いかに構築するかが重要な課題になってきている（阿部・山根, 2011; Prahalad &

Krishnan, 2008)。

状況適応的なサプライチェーンでは、取引相手は常に特定のメンバーに固定されるものではなく、状況に応じて適宜変化することを念頭に置かねばならない。この場合、新たな取引相手（生産拠点、調達先、物流拠点、顧客等）と取引を開始するたびに、取引の開始と終了を定義したり、取引の流れに沿っていつ権利義務が移転するのかを定義したり、ペナルティが発生する場合の対応はどうするかを定義したりといった取引の内容（範囲、手順やルール等）を決める従来型のアプローチに頼っているだけでは、十分に状況適応的であるとはいえない。また、その後に登場する、企業グループや業界ごとにあらかじめ取引の内容を定義して利用するアプローチは、従来型のアプローチよりも、効率的・適応的であることは確かであろう（日経バイト, 2000）。しかしながら、それよりも、いつでも、だれでも、どこからであっても利用できる標準的な電子商取引のフレームワークが確立している場合には、より一層効率的・適応的な取引の実現に結びつくであろう。

以上のような理解に立つ場合、企業規模、拠点、業種を問わず利用できる、ビジネスの視点から B-to-B 取引を規定する国際標準規格としての ISO/IEC15944-4、ならびにその中で説明される「ビジネス取引のステートマシン」（ビジネス取引として宣言される取引実体の状態が、取引を完了するために定義される一連のビジネス事象の発生に伴ってどのように遷移するかを展開する仕組み）の活用は改めて注目できる。

このような問題意識に基づいて、本稿は次のような構成の下に展開する。第1に、「ビジネス取引のステートマシン」の特徴を、伝統的なビジネス取引の記録技術ないしは考え方との関係において明確にする。すなわち、環境適応的に柔軟に組換え可能なサプライチェーンの構築において、これまでの記録技術のどこに限界があるのか、また、組織（売手と買手の）間で一元的にビジネス取引を管理する新しい記録技術（としてのビジネス取

引のステートマシン)を利用する場合には、その限界をいかに克服する可能性があるかを検討する。その上で、ビジネスのバリューチェーンやバリューシステムの構成要素となるアクター(人、マシン、モノ)間の効率的な連携支援に対する、その潜在的な可能性を示すことによって、新しい記録技術が、「インダストリー4.0」等の最新の革新スローガンの実現に向けてのインフラ構築において重要な役割を担う可能性をもっていることを展開する。

第2に、ISO/IEC15944-4で説明されるビジネス取引のステートマシンの概念上の重要性は、これまで繰り返し指摘されてきたにもかかわらず(Huemer, Zapletal, Liegl, & Schuster, 2007; Huemer & Zapletal, 2007)、特定の情報環境に依存しないPIM(Platform Independent Model)として、コンピュータ上で展開できるプロトタイプの構築が一部検討されているに過ぎない(Horiuchi & McCarthy, 2011a; 堀内, 2012; 堀内・清水, 2015)。このプロトタイプは、取引完了に向けてあらかじめ定義される12個のビジネス事象が発生することによって、ビジネス取引の宣言的な構成要素として定義される取引実体の状態がいかに遷移するかを展開できる。

しかしながら、①どのような条件下で、ビジネス事象が発生するのかということ、および②ビジネス取引を完了させるためには、この12個のビジネス事象とは別にどのような事象が必要になるのかということとは、厳密に定義できていない問題を抱えている。そのために、このプロトタイプでは、想定外のビジネス事象がつぎつぎに起こる可能性があるために、電子商取引を行う取引の当事者が、その仕組みを利用する取引を安心して展開できるレベルには至っていない。

したがって、ここでは、これらの問題に対して、デザイン・サイエンス研究(March & Smith, 1995)として、より厳密なプロセス定義を可能にするカラード・ペトリ・ネット(Colored Petri Net)というプロセス・モデル

(Aalst & Stahl, 2011) によって、ビジネス取引のステートマシンをモデル化する。そして、そのモデルが、ビジネス事象の発生に関する問題を解決するものであるか、その問題を解決するモデルをどのように定義できるか、および定義したモデルの厳格性をいかに確認できるのかについて、いい換えれば、一般化に向けてのガイドラインについて議論する。そして、最後に、このモデルの限界、ならびにモデル化での経験から更なる研究課題および、状況適応的なサプライチェーンの設計を前進させる方向性について議論する。

2. ビジネス・プロセスの記録についての基本的な理解

ビジネス・プロセスの記録は、伝統的には、ビジネス取引として記録されてきた。ビジネス取引は、一般的には、「商人と商人、または商人と顧客との間の売買行為」(広辞苑・第5版, 1998)と理解される。これは、当事者間の契約に基づく売買や役務の提供に対して金品のやり取りを行うことであり、当事者間の意思の一致によって成立する交換取引を意味する。たとえば、企業Aが企業Bに対して、Xという商品を「販売」し、後日その対価を「回収」という交換取引が代表例として考えられる。

このように考える場合、ビジネス取引は、少なくとも「販売」と「回収」というビジネス事象を伴う行為として理解できることになり、これらの事象が主たる記録の対象となる。また、小売業を前提とする場合、顧客に商品を「販売」するためには、その商品をいずれかの供給業者から「購買」することや、その購買に要する対価を供給業者に「支払」することが不可欠となる。したがって、これらの事象も記録の対象となる。さらには、これらの事象が発生する時には、より具体的な活動(タスクやワークフロー)を伴うことからすれば、これらの活動も記録対象の候補として考えられる。

ただし、以上の活動は、技術環境や顧客要求の変化によって影響を受けやすいものであるから、特定時点ごとにそれらを、ルーチン的なタスクとして認識するができたとしても、変化しやすいそれらの活動のすべてを組織的に記録することは、現実的には困難となる。

したがって、小売業を前提とするビジネス取引においては、「販売」、「回収」、「購買」、「支払」というビジネス事象およびその発生に伴う活動の中から、その組織の管理目的に適合する活動が、記録の対象となり得る。伝統的には、それらの記録は、特定の職能や部門での情報要求を満たす範囲を対象として記録される。今日的には、職能や部門間で一元的に利用できる範囲を対象として記録されることが可能となる。さらには、Webページ上の電子的なリンクを介してだれとでも、どこでも取引をすることが可能となるインターネット環境を前提とする場合には、組織間（売手と買手との間）の範囲を対象として、取引データを一元的にどのように記録すべきかが検討されつつある。

以上により、ビジネス取引の記録を担う取引処理システムは、いかなる範囲を対象として記録するのかという点から、表1のように3つに要約できる。

表1 ビジネス取引の記録範囲と取引処理システム

| 取引記録の範囲 | 取引処理システム |
|---------------------|----------------|
| 特定職能・部門内での取引データの記録 | 部門内連携型取引処理システム |
| 組織内全体での一元的な取引データの記録 | 組織内連携型取引処理システム |
| 組織間での一元的な取引データの記録 | 組織間連携型取引処理システム |

注：表1の作成にあたっては、McCarthy (2012) の Figure 1「会計システムの展開」(p. 836) の分類を参考にしている。そこでは、会計システムは、「農業時代」、「商業時代」、「工業時代」、「企業システム時代」、「セマンティック・ウェブ時代」の5つの段階にわたって展開する。本稿での部門内連携型（取引処理システム）は工業時代（の会計システム）に、組織内連携型は企業システム時代に、また組織間連携型はセマンティック・ウェブ時代に相当する。

2-1 部門内連携型取引処理システム

この枠組みのもとで、部門内連携型取引処理システムは、特定の職能ないしは部門の範囲を対象として、限定された属性、あるいは要約された形式によって、ビジネス取引を構成するビジネス事象や活動を管理することから、ビュー・ドリブン (view-driven) 型取引処理システム (Hollander, Denna, & Cherrington, 1996) と呼ばれる。

この取引処理システムは、特定の職能や部門の視点に立てば、事前に定義される情報要求を満足させる情報を産出するケイパビリティ (capability) を備えるシステムとして評価できる。たとえば、財務諸表を産出するために仕訳データによって取引を記録する会計システムはこの代表例といえる。

図1は、このシステムによって、企業Aが企業B (企業Aから見れば仕入先) から商品Xを購入しその対価を支払い、そして、その商品を企業C (企業Aから見れば顧客) に販売しその対価を回収するという2つの交換取引が仕訳記録される例を示したものである。そして、この仕訳データに基づいて財務諸表が産出される。

しかしながら、この取引処理システムでは、ビジネス事象は、特定の情報要求 (補: 財務諸表の産出) への適合的関連を高めるように要約ないしは形式化される (補: 仕訳データの) ために、前もって定義される情報要求以外の要求に柔軟に対応することが困難になるという問題を抱えている。

さらには、新たな情報要求に対しては、新たなシステムを作って対応することを基本とするこの取引処理システムでは、同一のビジネス事象を重複して (複数のシステムによって) 管理するので、各部門のデータのいずれが最新のデータであるかが不明となったり、それを明らかにするための調整作業が必要となったりする等、効率的なデータ活用が損なわれる危険が生じる。

図1 部門内連携型取引処理システムの一例

① 購買取引の記録

| 日付 | 借方 | 貸方 | 金額 | 摘要1 | 摘要2 | … | 摘要n |
|------|----|-----|----|-----|-----|---|-----|
| 5/20 | 商品 | 買掛金 | 80 | 企業B | 商品X | … | … |

② 支払取引の記録

| 日付 | 借方 | 貸方 | 金額 | 摘要1 | 摘要2 | … | 摘要n |
|------|-----|----|----|-----|-----|---|-----|
| 6/10 | 買掛金 | 現金 | 80 | 企業B | 商品X | … | … |

③ 販売取引の記録

| 日付 | 借方 | 貸方 | 金額 | 摘要1 | 摘要2 | … | 摘要n |
|------|------|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| 5/30 | 売掛金 | 売上高 | 100 | 企業C | 商品X | … | … |
| 5/30 | 売上原価 | 商品 | 80 | 企業C | 商品X | … | … |

④ 回収取引の記録

| 日付 | 借方 | 貸方 | 金額 | 摘要1 | 摘要2 | … | 摘要n |
|------|----|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| 6/20 | 現金 | 売掛金 | 100 | 企業C | … | … | … |

2-2 組織内連携型取引処理システム

部門内連携型の取引処理システムの問題を解決するためには、組織のバリューチェーンで発生する取引データを組織内で一元的に利用できるデータとして、多様な情報要求を支援できるように加工度を下げて可能な限り取引（現象）を素次元レベルで管理する特徴を備える取引処理システムが必要になる。このような特徴を備える取引処理システムは、組織内連携型取引処理システム、ないしはイベント・ドリブン（event-driven）型取引処理システム（Hollander, Denna, & Cherrington, 1996）と呼ばれる¹⁾。

1) イベント・ドリブン型取引処理システムは、ERP（Enterprise Resource Planning）、EIS（Enterprise Information Systems）、ES（Enterprise Systems）と呼ばれる場合もある。いずれの名称で呼称される場合であっても、組織内の取引データを共通取引データとして一元的に管理する特徴を備

なお、この取引処理システムが、適切に運用される前提としては、①ビジネス取引が実行されるときに適時に記録されること、および②一元的に捕捉、貯蔵されたデータを有効に活用する情報活用能力が必要になることと指摘される (Andros, Cherrington, & Denna, 1992; 阿部, 1995)。

以上のような組織内連携型取引処理システムは、組織内の取引データを効率的かつ効果的に運用・管理する特徴を備えているものとして高く評価することができる。

しかしながら、このシステムにおいては、1つの取引を売手と買手の双方で記録される。なぜならば、ある交換取引は、一方の売手にとってみれば「販売」と「回収」として認識され、他方の買手にとってみれば「購買」と「支払」として認識される。売手と買手は、各々の組織内の取引処理システムによって、それらの事象を記録するからである。

そのために、組織間で取引データの重複が発生することになり、部門内連携型の場合と同様の問題が発生する。すなわち、売手と買手のデータのいずれが最新のデータであるかが不明となったり、それを明らかにするための調整作業が必要になったりする等、効率的なデータ活用が損なわれる危険が生じる問題である。

この問題は、Web上の電子商取引が普及するにつれて一層深刻になる。Webページ上の電子的なリンクを介して誰とでも、どこでも取引をすることが可能となるネットワーク環境においては、組織のバリューチェーンやビジネス・プロセスは、1社あるいは1グループ単位で自己完結的に組み立てられる流れ作業を基本とする直線的な「チェーン型プロセス」から、電子的なリンクが設定された補完・仲介企業のケイパビリティを活用しながら活動が展開される「ハブ&スポーク型プロセス」として組み立

てることが可能となる。後者のプロセスとしてビジネス・プロセスを構築できる場合には、自社のビジネス・プロセスはより専門性の高い領域に集中させることができる。そして、ベスト・プラクティス企業との連携が高度にとれる場合にはその効率性が向上することが期待される。

しかしながら、その一方では、不測の事態に対応して柔軟に組み換えが可能なビジネス・プロセス、あるいはグローバル資源を状況的に適宜活用する環境適応性のあるビジネス・プロセスの展開が進むにつれて、1つの取引を売手と買手の双方で記録する頻度および変更する頻度が高まるために、組織間におけるデータの重複問題は一層深刻になる。

2-3 組織間連携型取引処理システム

組織内連携型取引処理システムの問題を解決するためには、ビジネス事象を、売手や買手等の取引の当事者の視点からではなく、双方がビジネス事象についてのデータを一元的に利用できるような視点から認識することが必要になる。このような視点から取引を記録する取引処理システムを、本稿では、組織間連携型取引処理システムと呼ぶ。

この取引処理システムにおいては、上述の通り、売手にとっての「販売」は買手にとっての「購買」に相当することから、これらを「配送」という1つのビジネス事象として双方が記録する。同様に、売手にとっての「回収」は買手にとっての「支払」に相当することから、これらを「支払」という1つのビジネス事象として双方が記録する。このような記録によって、売手と買手は、ビジネス事象についてのデータを組織間で一元的に認識できることになる。

さらには、ビジネス事象の発生に伴う活動（タスクやワークフロー）についても、ビジネス事象の認識と同様に、売手と買手がそれぞれ認識するのではなく、一元的な活動として認識することによって、データの重複が回

避できる。

しかしながら、先に指摘したように、すべての活動を組織的に記録することは現実的には困難となる。したがって、活動の認識は、いずれの取引においても必要になると想定される「価格の問い合わせ要求」、「在庫の問い合わせ要求」、「納期の問い合わせ要求」や、それらの問い合わせに対する「応答」等のような基本的な活動に限定されよう。

図2は、以上のような観点から、図1で示した2つの交換取引を対象として、その取引を構成するビジネス事象と活動が、組織間（企業A、企業B、企業C）で一元的に管理される流れが描かれている。

すなわち、図中の企業Aと企業Bとの間の交換取引においては、双方がそれぞれの視点からビジネス事象を認識するのではない。そうではなく、組織間でデータを一元的に利用できるような視点から共通のビジネス事象として「配送」と「支払」を認識している。

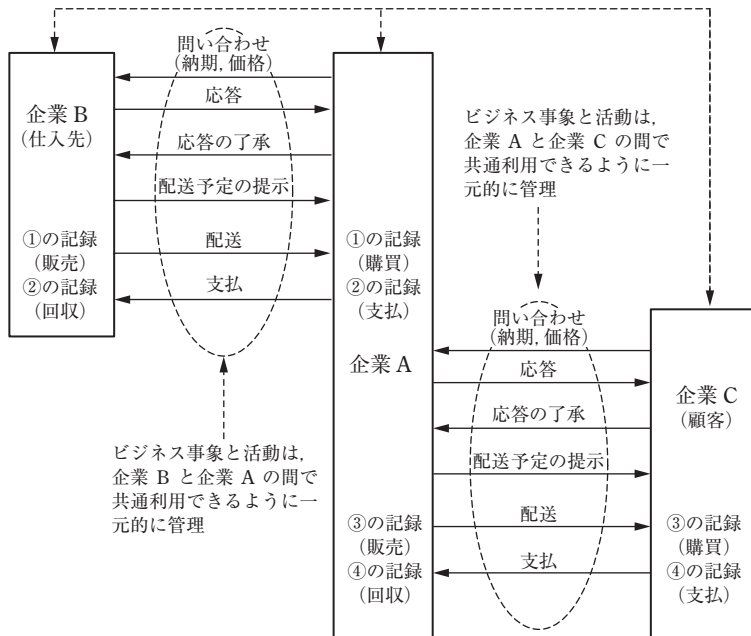
ただし、企業Aと企業Bの組織内においては、組織間において一元的に認識される「配送」と「支払」ビジネス事象は、それぞれの組織内の利用目的に適合するような形式に変換され、ビュー・ドリブン型あるいはイベント・ドリブン型の取引処理システムによって管理される。つまり、組織間で一元的にビジネス事象を認識する場合においても、組織内においては、そこでの情報要求を支援する取引処理システムがこれまでと同様に必要になる。

さらには、ビジネス事象の発生に伴う「問い合わせ」、「応答」、「応答の了承」、および「配送予定の提示」等の活動についても、双方がそれぞれ管理するのではなく、企業Aと企業Bとの間のネットワーク（のサーバー）の中で一元的に管理される流れとして描かれている。

従来であれば、これらの活動に関するデータは、それぞれの組織単位で管理されていたり、担当者の頭の中に貯蔵されていたりする場合が多い。

図2 企業間で一元的に利用できる取引の記録の一例

取引データは、取引処理システム(部門内連携型 or 組織内連携型)によって組織単位で管理



- 注：1. 図2の作成にあたっては、ISO/IEC15944-4のFigure 2(p. viii)を参考している。
2. 企業 B (仕入先) と企業 C (顧客) は、企業 A を行為主体として見た場合の企業 B と企業 C の役割である。
3. ①の記録 (購買) は、企業 A の組織内の取引処理システムによって「購買」ビジネス事象として記録される。この事象は、企業 B の「販売」ビジネス事象に相当する。②～④についても同様。なお、①～④は、図1のView-driven型取引処理システムにおけるビジネス事象 (購買, 支払, 販売, 回収) の記録に該当する。

そうした場合には、組織間におけるデータの調整作業や、担当者に対する電話やメールによる確認作業等が必要になる。しかしながら、一元的に管理される場合には、そうした作業は不要になる。なお、ここでは、企業 A と企業 B との間の流れについて限定して説明するが、そうした説明が企

業Aと企業Cとの間の関係にも同様に当てはまる。

以上のような特徴を備える取引処理システムを駆使することによって、取引の当事者は、取引の進捗状況や、取引完了に向けての進展状況についての情報を、売手と買手との間のデータ重複に伴う調整作業を必要とせず（リアルタイムに）入手することから、より効率的かつ効果的な取引の遂行が期待できる。

しかしながら、ビジネス取引に関する何らかの標準的な規格を利用することができない場合には、新たな取引相手と取引を開始するごとに、組織間でビジネス取引を定義することが必要になるという問題を抱えている。たとえば、図2の企業Aは、ビジネス取引に関する何らかの標準規格を利用することができなければ、「問い合わせ」、「応答」、「応答の了承」、「配送予定の提示」、「配送」、「支払」に関して、企業Bおよび企業Cとの間でそれぞれ交渉しつつ定義する必要が生じる。

現在、「接続機能をもったスマート製品」(Porter & Heppelmann, 2014)によって、これまでは得られなかった様々な製品やサービスの利用情報を活用しつつ、一層の生産性の向上、品質の安定、信頼性の向上を目指す取り組みが、IoT（モノのインターネット）と呼ばれて注目を集めている（日経ビジネス, 2015）。そうしたIoTの取り組みを生産プロセスに応用し、最終的には本稿で述べてきた「ハブ&スポーク型」のビジネス・プロセスやパブリックネットワーク（Keen & McDonald, 2000（船場・中村・西村・前田・沢崎, 2001））の構築を目指して、行政府と産業界が一体となって進める取り組みにドイツ発の「インダストリー4.0」がある。

紙面の関係で十分な指摘はできないが、「インダストリー4.0」の趣旨を実現しようと思うならば、（取引パートナー間の競争関係によって一概に指摘できないとはいえ）上述してきたような売手と買手の双方が一元的に取引データを管理できる標準化が欠かせないであろう。そして、このような標準

化を利用できなければ、新規に取引を開始すること、ビジネス取引の内容、範囲、視点等の決定をめぐって当事者間で交渉する必要が出てきてしまうことは明らかである。

3. ビジネス取引モデルの基本的理解

3-1 コンピュータ・システム構築と3つの観点からのモデル

情報要求に基づいて何らかの対象をコンピュータ・システムとして構築するためには、構築対象が何であるのかを理解する必要がある。対象となる世界をどのような観点から理解すべきかという問いの起源は、古代ギリシア時代にまで遡ることができる。すなわち、「受動的な観点は世界が原子と呼ばれる物体から構成される」と述べたデモクリトスによって提案された。デモクリトスの観点は、“もの”を焦点の中心に据えた見方である。……これに対して、能動的な観点を擁護する古典的な代表者はヘラクレイトスである。彼は“プロセス”の概念を強調した。(Langdon, 1982, p. 6; Booch, 1993 (山城・井上・田中・入江・清水・小尾訳, 1995, 19頁)) のである。

世界は「もの」か「プロセス」かいずれかの観点から理解できる考えを示した古代ギリシア時代の哲学者達は、コンピュータ・システムの構築を前提とする対象の理解については何ら指摘をしていない。しかしながら、彼らの考えは、今日における情報システム設計技法においても反映されている。

すなわち、コンピュータ・システムの構築に向けての対象の理解は、動作を引き起こす「主体」や何らかの操作が実行される「対象」である「もの」の観点と、機能的な観点から「出来事」の順序に注目する「プロセス」の観点に焦点を置く理解に基づいている。

ただし、この「プロセス」の観点は、どのような役割を果たすのかという「機能」の観点と、その機能を遂行するタスクの順序に焦点を置く「時

間的な変化」の観点とに分けて考える場合には、対象の理解は3つの観点（「もの」、「機能」、「時間的な変化」）から説明できる。こうした3つの観点から対象を理解する考え方やアプローチの代表例には、構造化技法、概念データモデル設計法、オブジェクト指向設計がある。

まず、構造化技法は「データ処理部門の生産性と効率を倍増させる手順と基本的な考え方をまとめたもの」（Yordon, 1986（黒田・渡部訳, 1987, 10頁））である。ここでは、「およそすべてのシステムはある程度の“機能”と“データ”，それに“時間要因”に依存する。」（Yordon, 1986（黒田・渡部訳, 1987, 261頁））と説明される。すなわち、構造化技法は、「プロセス」の観点としての「機能」（データ・フロー・ダイアグラム）と時間の経過にしたがってシステムがどのように機能するかを明確にさせる「時間要因」（状態遷移図）、および「もの」の観点としての機能および機能間で移動する「データ」（実体関連図）から対象を理解する。

次に、ANSI（米国標準化協会）とISO（国際標準化機構）が共同で提唱する「概念スキーマ」に基づく「概念データモデル設計法」（手島, 1994）²⁾においては、「……実世界の成分をとらえる（静的構造）だけでは不十分である。その実体がどのような出来事によってどう変化していくのか、また互いにどのように作用しあうか、いい換えれば、実体の動的性質および相

2) この設計法は、KDDI株式会社、JFEホールディングス株式会社等の基幹システムを設計する際に利用される（池田, 2005；菊川・堀田・渡部, 2006年）。KDDIの顧客管理、申し込み受付、債権管理、請求・入金処理等を対象とするAICE（All Information system for Communication Empowerment）と呼ばれるシステムは、2004年に第9回日経コンピュータ主催の情報システム大賞のグランプリを受賞している（日経コンピュータ2005年2月21日号）。さらに、このシステムは、2006年に、世界72ヶ国の業界団体である世界情報サービス産業機構（World Information Technology and Services Alliance）のベストITユーザ賞を受賞している（大和総研グループホームページ：<http://www.dir.co.jp/release/2006/20060516.html>, 2015年10月11日）。

相互作用(動的構造)を合わせて記述すべきである。」(172頁)と説明される。

なお、手島(1994)の脚注(266頁)においては、動的構造を表す動的モデルは、「表記法が粗く、状態遷移を十分には表してはいない。もしも十分に表したいなら、ジャクソンの木構造図(Jackson System Developmentの表記法)を利用して拡張することになる。」と説明される。

さらに、この技法では、「静的構造」と「動的構造」に加えて、活動の現場とそれに関与する人や組織との関係性を整理する「地理的性質」の観点から対象を理解する必要性が述べられている。ここでの「地理的性質」は、実体を変化させる出来事がどこで発生するのかという「動的構造」(出来事)の地理的な観点からの図式化整理であると理解する場合には、広くは動的構造に含まれる。

したがって、概念データモデル設計法においても、「もの」の観点(「静的構造」)、機能と時間的な変化を明らかにするプロセスの観点(「動的構造」, 「木構造」, 「地理的性質」)から対象を理解している。

同様に、ある共通の性質をもったモノ(オブジェクト)を中心に対象を理解するオブジェクト指向設計においても、「オブジェクト指向アプローチでは、「処理」の実装方法を考えることを後回しにして、まずは「概念」に基づいてシステムを開発しようとする。」(Sully, 1993)と説明される。すなわち、オブジェクト指向設計においても、「もの」の観点を中心として対象を理解しつつも、同時に、「もの」がどのように状態を変えるか、振舞うか、操作されるか、あるいは他の「もの」と関係をどのように保つかというような「機能」や「時間的な変化」の観点から対象を理解したりシステム化したりする必要性が述べられる。

以上により、コンピュータ・システムとして取引処理システムを構築する場合には、上記の構造化設計技法、概念データモデル設計法、あるいはオブジェクト指向設計のいずれかにしたがって、その対象となるビジネス

取引について、それを構成する「もの」の観点、どのような役割を果たすのかという「機能」の観点、およびその機能を遂行するタスクの順序に焦点を置く「時間的な変化」の観点から分析する必要がある。

この点に関しては、変化する情報要求により柔軟に対応するためには、変化しやすい「プロセス」に焦点を置く構造化技法よりも、「もの」を中心にモデル化を展開する概念データモデル設計法やオブジェクト指向設計による理解やモデル化のほうが適している。Lewis (1994) では、「組織のプロセス（手続、仕事の定義、ものごとの進め方）は頻繁に変わる。したがって、何が組織のデータ構造となるかを分析および設計する場合には、結果として、情報システムは、組織の情報要求に対して比較的安定的な対応が可能になる」(p. 130) と説明される。

また、概念データモデル設計法は、オブジェクト指向設計としても展開可能であることからすれば、両者には（表記方法は異なるものの）本質的な違いは見いだせない。以下の具体的な展開においては、これらのいずれかのアプローチを採用したい。

ただし、概念データモデル設計法は、（時間的な制約や条件を Jackson の「木構造」モデルを補完することによって分析可能になるものの）「時間的な変化」の観点が動的モデルの中で厳密に表現できないという問題を抱えている。

こうした問題は、活動による「もの」の状態変化の誕生から消滅までの基本的な流れによって、人間が「もの」の状態変化を理解する時にはなんら問題とはならない。業務が実践される組織コンテキストの中で、分析対象となる業務に関する「もの」や「こと」の関係性の理解や解釈を重視するこの設計法の優れた特性として、むしろ高く評価できる。つまり、この設計法は、人間による業務の理解よりもコンピュータを用いる効率的な設計を重視する傾向が強い類似するその他の設計法とは重点が異なる。そして、このようなコンピュータ設計の前提となる深い業務の理解を重視する

ことが、この設計法に基づく基幹システム構築の成功例(本稿の注2)に対して、多大なプラスの影響を与えていると想定される。ただし、コンピュータが理解できる形式で仕様を定義するときには、そうしたモデルは曖昧さを残すために問題となる可能性がある。

また、概念データモデル設計法やオブジェクト指向設計のいずれを採用したとしても、個別の組織ごとにビジネス取引をモデル化や定義するアプローチに従う場合には、新たに組織間で電子商取引を開始するごとに、組織(売手と買手の双方)間でビジネス取引の再定義が必要になる問題が生じる。つまり、そうしたアプローチは、部門内連係型および組織内連係型取引処理システムをコンピュータ・システムとして構築するには適しているといえる。しかしながら、このアプローチは、不特定多数の取引相手を対象とする組織間連携型取引処理システムの構築には必ずしも適していない。

したがって、組織内ならびに組織間においても共通認識できる何らかの標準的なビジネス取引概念や枠組みを利用する必要がある。本稿は、そのような枠組みとして先行しており、そして優れた取り組みと評価されるISO/IEC15944-4³⁾のビジネス取引の規定を利用しつつ、組織間連携型取引処理システムをオブジェクト指向設計に基づいて構築する。

3-2 ISO/IEC15944-4におけるビジネス取引

ISO/IEC15944-4は、ISO/IEC14662⁴⁾およびISO/IEC15944-1⁵⁾の中で説

3) ISO/IEC15944-4は、「情報技術—BOV—Part4: ビジネス取引のシナリオ—会計と経済のオントロジー—」というタイトルの標準規格である。

4) ISO/IEC14662は、「情報技術—Open-edi reference model」というタイトルの標準規格である。この規格の狙いは、「Open-ediのために必要となる各種の標準を認識するとともに、それらの標準を開発するために利用する基本的な概念を定義することによって、これらの標準の参照体系を提供する」

明されるビジネス取引の基本的な活動⁶⁾, ビジネス事象⁷⁾, コミットメント⁸⁾, コラボレーション・スペース⁹⁾, シナリオ¹⁰⁾等のビジネス取引にかかわる基本的な概念を体系化することを目的とする。

情報科学や人工知能の領域においては、「ビジネス取引の基本的な概念」あるいは「ビジネス取引とは何であるのか」という問題は、オントロジー

(ISO/IEC14662, p. 5) である。この規格では、ビジネス取引は「ビジネス運用のビュー (BOV: Business Operational View, 以下 BOV)」と「機能サービスのビュー (FSV: Functional Service View, 以下 FSV)」の2つの視点から規定される。

- 5) ISO/IEC15944-1は、「情報技術—BOV—Part1: 実装に向けてのOpen-ediの運用側面」というタイトルの標準規格である。この規格は、ビジネス取引のBOVの側面に焦点を当てつつ、標準的なビジネス取引の設計指針の確立を目的とする。
- 6) ビジネス取引は、「概念上、一連の5つの基本的な活動である計画、認識、交渉、実現、事後実現から構成される、と考えられる」(ISO/IEC15944-1, p. 41)。なお、この5つの基本的な活動は、ISO/IEC15944-4においてはビジネス取引の5つの取引局面 (transaction phases) として扱われる (ISO/IEC15944-4, p. 25)。
- 7) ビジネス事象は、「ビジネス取引のパートナーがモニター、あるいはコントロールしたい時々の出来事である。注1: ビジネス事象は、ビジネス・パートナーが望む、いくつかの事象が一緒になって1つのビジネス取引を完遂するワークフロー・タスクである。」と定義される (ISO/IEC15944-4, p. 2)。
- 8) コミットメントは、「法的権利と義務をもつ人による権利、義務、債務、あるいは責任の選択あるいは承認」と定義される (ISO/IEC15944-4, p. 3)。
- 9) コラボレーション・スペースは、「ビジネス活動の空間であり、そこでは、価値ある資源の経済的交換は、いずれかのビジネス・パートナー (補: 売手や買手) の視点からではなく、独立的な視点 (補: 中立的な視点) から認識される」と定義される (ISO/IEC15944-4, p. 3)。
- 10) Open-edi シナリオは、「同じビジネス目的をもつビジネス取引の種類」の公式的な仕様」として規定される。Open-edi のシナリオの種類によって、ビジネス取引は「定義された市場の取引」対「定義されていない市場の取引」, 「二者間取引」対「仲介取引」, 「即時決済の取引」対「複数回決済の取引」に分類される (ISO/IEC15944-4, p. 24)。

の問題として扱われる¹¹⁾。これらの領域では、「オントロジーは、共有される概念の公式的、明確な仕様」(Gruber, 1993)として一般的に理解されている。この定義における「明確な仕様」は、概念、プロパティ、関係、制約、公理が明確に定義されることを意味する。「共有される(筆者補:もの)」は、合意される知識であることを意味する。「概念」は、現実世界の何らかの現象の抽象モデルを意味する。さらに、「公式的」は、機械がその仕様を理解できることを意味する。

このような観点からオントロジーを理解する場合、最終的にはコンピュータによるシステム化を図る仕様の規定を念頭に置くISO/IEC15944-4が取り組むオントロジーの問題は、標準的な電子商取引に関心ある人だけでなく、コンピュータも理解できるレベルにおいて、ビジネス取引の概念をいかに明確に規定するかという問題である。

ISO/IEC15944-4においては、このビジネス取引のオントロジーは、Open-edi business transaction ontology (以下、OeBTO)と呼ばれる。これは、「ビジネス取引とシナリオ、およびそれらの概念間の関係に関する概念の公式的、かつルールベースの仕様と定義」(p. vi)とされ、「宣言的な構成要素 (declarative component)」、 「手続き的な構成要素 (procedural component)」、 および「制約的な構成要素 (constraint component)」の3つの構成要素から定義される。

ビジネス取引を構成するこれらの3つの要素をオブジェクト指向設計に

11) 溝口(2005, 15頁)では、オントロジーは哲学のオントロジーに近い「上位オントロジー」、法律、ビジネス、医療等の特定の領域の現象を対象とする「ドメイン・オントロジー」、および問題解決過程自体を対象とする「タクス・オントロジー」に分かれるとされる。ISO/IEC15944-4で扱うオントロジーは、そのISOの名前(「情報技術—BOV—Part4: ビジネス取引のシナリオ—会計と経済のオントロジー—」)からもわかるように、ドメイン・オントロジーを対象とする。

よって展開する場合、「宣言的な構成要素」が「もの」の観点からのビジネス取引の定義に、「手続き的な構成要素」が「機能」の観点からのその定義に対応する。また、「制約的な構成要素」は、「宣言的な構成要素」および「手続き的な構成要素」を定義する際の制約条件となる。そして、後者の「手続き的な構成要素」の制約条件が、「時間的な変化」の観点からの取引の定義に対応する。

ここで、「宣言的な構成要素」は、ビジネス取引を構成する基本的な「もの」とそれらの間の関係性であり、その規定にあたっては、会計と経済の分野でこれまで高く評価される REA オントロジー (McCarthy, 1982; Geerts & McCarthy, 2001) に基づく。なお、上記の OeBTO は、REA オントロジーに基づいてビジネス取引を規定している。

REA オントロジーにおける R, E, A とは、取引の基本要素として認識される経済資源 (Economic Resource), 経済事象 (Economic Event), および経済主体 (Economic Agent) の 3 つの用語の頭文字である。REA においては、これらの 3 つの実体 (クラス) とその実体間の関係 (「二重性 (duality)」, 「ストック・フロー (stock-flow)」, 「コントロール (control)」, 「責任 (responsibility)」) から (交換・変換) 取引をモデル化する。

このような REA による取引の理解は、ビジネス取引に誰が (Who) 関与するのか (経済主体ないし Persons), その取引で何が (What) 交換されるのか (経済資源), その交換は、何らかの取引条件下でいつ (When) 起こったのか (経済事象), および、なぜ (Why) その取引を行ったのか (二重性関係) を明らかにする。

その後の拡張される REA においては、経済事象が具体的にどのように処理・遂行されるのかを分析するタスク・レベルが付け加えられる (Geerts & McCarthy, 1997)。

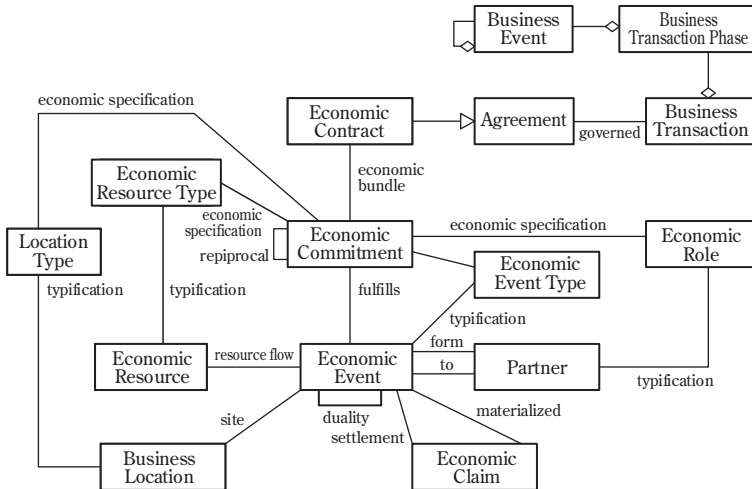
さらには、何が起きたのかという、過去時制における経済事象を分析す

る従来のモデルに対して、タイプ概念を導入することにより何が起り得るのかという政策レベルの分析，ならびにこの政策レベルを用いて何が予定・計画（コミットメント）されるのかという近未来の分析レベルが追加されるという経済事象の時間的な拡張がなされる（Geerts & McCarthy, 2002）。

図3は，以上のようなタイプ化，コミットメント，およびタスク・レベルが追加される REA オントロジーの宣言的な要素をクラス図（モデル化の対象領域についての基本的な概念とそれらの関係であり，静的モデルと呼ばれる）として示したものである。なお，このクラス図の詳細な解説は，紙面の都合により省略する。

なお，このドメイン・オントロジーにおいては，これまでのような「取引当事者（売手や買手）の視点」からではなく，ビジネス取引は，組織間で一元的にビジネス取引を理解する「独立的な視点」から認識される。こ

図3 タイプ化，コミットメント，ビジネス取引局面，およびビジネス事象が示される REA オントロジー



出所：ISO/IEC15944-4, figure 21, p. 26.

の認識の視点は、組織間連携型取引処理システムにおけるビジネス取引の認識の視点と同じである。

ただし、組織間連携型の場合には、図2で示したように、企業Aと企業Bとの間、および企業Bと企業Cとの間といった売手と買手の間で、ビジネス取引を認識および定義する必要がある。しかしながら、ビジネス取引に関するドメイン・オンロジーが規定される場合には、電子商取引の利用に関心ある者は、当事者間でビジネス取引を定義することなしに、その規定を利用できる。

次に、「手続きのな構成要素」は、宣言的な構成要素として定義される「もの」の状態が、取引を完了するために定義される一連のビジネス事象や活動の発生に伴ってどのように遷移するかを展開する仕組みである。

本来、取引を正常に完了させる一連のビジネス事象や活動は、技術環境や顧客要求の変化によって影響を受けやすいものである。したがって、必要となるビジネス事象や活動は、様々な組み合わせが考えられる。そして、個別の組織ごとに一連のビジネス事象や活動を定義するアプローチの場合には、その組織の目的に適合するように、柔軟に取引を定義および展開することが可能になる。しかしながら、そうしたアプローチの場合には、新たな取引相手と電子商取引を開始するごとに、ビジネス取引の「手続きのな構成要素」を取引の当事者間で定義する必要がある。

そうした労力を軽減させるためには、「宣言的な構成要素」の場合と同様に、「手続きのな構成要素」の場合も、標準的なビジネス事象と活動を定義することが必要となる。そのような定義される一連のビジネス事象や活動が展開することによって、本稿でのビジネス取引のステートマシン（後述で説明）は、取引の進捗状況や、取引完了に向けての進展状況についての情報を取引の当事者に伝えることができる。

さらに、「制約的な構成要素」は、「ビジネス取引に参加する取引当事者

間で相互に合意されるコミットメントの一部を形成する」内部的な制約と、制度や法律等「ビジネス取引の内部的な制約に優先する」外部的制約に分かれる。

なお、内部的な制約は、「ビジネスにおける資源の構造だけでなく、ビジネス・プロセスの実行を管理したり、それに影響を与えたりする表明」(Erikson & Penker, 2000, p. 81) としてのビジネス・ルールに相当する。たとえば、製品は特注品と標準品の2つのカテゴリーに分かれる等の資源の構造関係を規定したり、コンピュータの手続きを規定したり、承認されるプロセスの実行を制御したりする等である。

このような日々の業務作業を管理するため内部的な制約としてのビジネス・ルールと外部的な制約は、宣言的な構成要素および手続的な構成要素を定義する際に反映される。

図4は、以上のようなビジネス取引の3つの構成要素間の関係性を説明するための交換取引【売手(S, 図2の企業Aに相当)と買手(B, 図2の企業Cに相当)との間の交換取引】である。

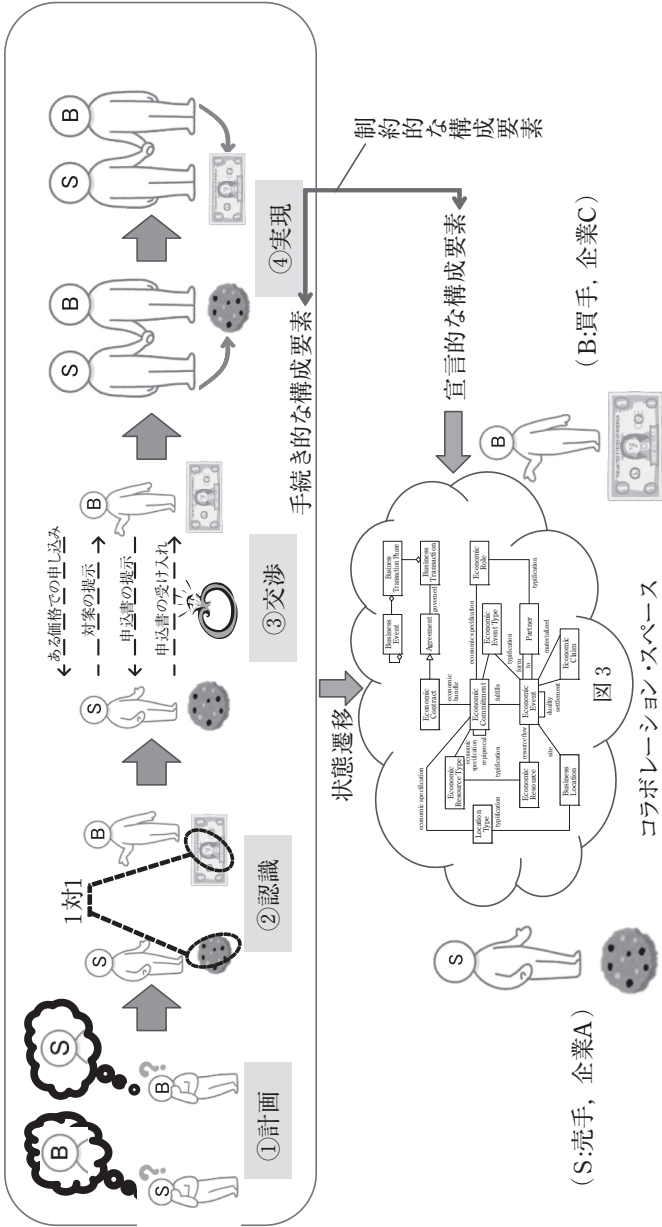
図中(下)においては、「宣言的な構成要素」がクラス図として描かれる。ここでのクラス図は、図3におけるREAオントロジーに基づく。各クラスには、属性、操作が定義される。

しかしながら、このクラス図は、ビジネス取引の静的モデルであるために、取引がどのように遂行されるのかという取引の流れについては表現することができない。

したがって、図中(上)において、「手続的な構成要素」としてのビジネス事象と活動の流れが、取引局面(計画, 認識, 交渉, 実現)¹²⁾の中で描かれている。たとえば、計画局面では、売手であるSが、潜在的な買

12) ビジネス取引は、計画, 認識, 交渉, 実現, および事後実現の5つの局面に分かれる。ここでは、単純化のために事後実現の局面を省略している。

図4 ビジネス取引の3つの構成要素の取引例



手を探すために、カタログを公開する。買手（の候補となり得る）Bがそのカタログを要請する。そして、その要請に売手Sが応えてカタログを買手Bに送る等のビジネス事象が描かれている。

これらのビジネス事象の発生によって、「宣言的な構成要素」として定義される1つ以上の取引実体の状態が遷移する流れが、「下向きの矢印」として示されている。また、「制約的な構成要素」は、図中では表現されていないが、「宣言的な構成要素」として定義される取引実体間の関係や、「もの」がどのように状態を変えるか、振舞うか、操作されるかの条件として「手続き的な構成要素」に定義される。

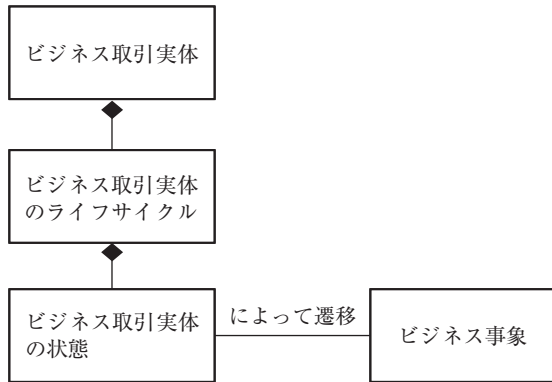
なお、これらの3つの構成要素に基づいて、ビジネス取引として宣言される取引実体の状態が、一連のビジネス事象や活動の発生に伴ってどのように遷移するかを展開する仕組みは、ISO/IEC15944-4の中では「ビジネス取引のステートマシン」と呼ばれる¹³⁾。

図5の基本モデルでは、「ビジネス取引実体 (Business Transaction Entity)」は「ビジネス取引実体のライフサイクル (Business Transaction Entity Lifecycle)」と「ビジネス取引実体の状態 (Business Transaction Entity State)」から構成され、そして、「ビジネス事象 (Business Event)」の発生に伴って、「ビジネス取引実体の状態」が遷移する関係が、クラス図として示される。

ここでの「ビジネス取引実体」は、図3で説明される取引の基本要素として認識される REA オントロジーに基づいて定義されるものであり、「経済資源」、「経済事象」、および「経済主体」およびそれらの要素間の関係等である。たとえば、図4で示される売手Sと買手Bとの間の交換取引

13) ISO/IEC15944-4のステートマシンは、分岐、結合、並列を伴う活動を表現できる。したがって、ビジネス事象の前後に、1つのインプットと1つのアウトプットをもつ処理の流れを表現する数学的な意味のステートマシン（有限オートマトン）とは異なる。

図5 ビジネス取引のステートマシンの基本モデル



出所：ISO/IEC15944-4, figure24, p. 29.

を前提とする場合、「ビジネス取引実体」として定義される「経済資源」は、「クッキー」と「現金」となる。

次に、「ビジネス取引実体のライフサイクル」は、順序づけられる一組の状態の候補（の集合）から構成される。順序づけられる一組の候補とは、取引完了に向けて遷移する一連の状態の候補である。たとえば、「クッキー」の場合には、「candidate」→「planned」→「identified」→「proposed」→「specified」→「actualized」等の順番で遷移する一組として定義できる。ただし、取引の種類が変われば、このライフサイクルも変化する。たとえば、小売りを前提とする場合のライフサイクルもあれば、卸売りを前提とする場合のライフサイクル等もあり得るからである。なお、ISO が想定する基本的な取引の種類（Open-edition シナリオ）は、本稿の注10を参考にされたい。

そして、取引を正常に完了させる一連のビジネス事象の中から、ある「ビジネス事象」が発生することによって、「ビジネス取引実体のライフサイクル」中で定義される状態の候補の中から一組のライフサイクルが選択

され、取引完了に向けてある状態の候補から次の候補に遷移され、その遷移が「ビジネス取引実体の状態」の中で記録される。

このような基本モデルとして示されるビジネス取引のステートマシンを構築するためには、図5で示される「ビジネス取引実体の状態」(宣言的な構成要素)と「ビジネス事象」(手続き的な構成要素と制約的な構成要素)との関係性を明確に規定する必要がある。しかしながら、ISOにおいて、それらの関係性については、動的モデルとして、UMLアクティビティ図やステートチャート図の一部が限定的に例示されるに過ぎない。

そのために、具体的にどのようにモデル化を展開したり、プロトタイプシステムを構築したりできるかは明確になっていない。すなわち、現状のISO/IEC15944-4においては、Gruber (1993) のオントロジーの定義に見られるレベルの詳細な規定の説明がいまだに十分とはいえない問題を抱えている。

4. Horiuchi & McCarthy (2011a) のステートマシンの特徴と課題

ISO/IEC15944-4における「ビジネス取引のステートマシン」は、コンピュータに依存しないモデル (Computer Independent Model, 以下 CIM) として、それが何かを明らかにする。CIMとしてのステートマシンの説明は、ビジネス取引として宣言される1つ以上の取引実体の状態が、取引を完了するために事前に定義される一連のビジネス事象の発生に伴ってどのように遷移するかを展開する仕組みに関する人間の理解を促進させる。

しかしながら、コンピュータによる展開を図っていくためには、最終的には、CIMとしてのモデルから、特定の情報環境に依存しないモデル (Platform Independent Model, 以下 PIM) や依存するモデル (Platform Specific Model) に変換する必要がある。

我々が知る限りにおいてこの点に関する先行研究は、PIMとして、コンピュータ上で展開できるプロトタイプの構築が一部検討されているに過ぎない（Horiuchi & McCarthy, 2011a; Horiuchi & McCarthy, 2011b; 堀内, 2012, 堀内・清水, 2015）。

ここでは、1つの具体例を超えて、そのステートマシン構築のガイドラインや一般化へ向けての課題を議論していきたいので、先行する Horiuchi & McCarthy (2011a) において展開されるカタログ販売の取引例に基づくビジネス取引のステートマシンの特徴（対象、前提、目的、設計と機能）および課題について簡潔に紹介する。

4-1 対象と前提

対象については、ISO/IEC15944-4の中で説明されるカタログ販売の取引を対象とする。このISOでは、「手続き的な構成要素」として、カタログ販売の取引を完了させる14個のビジネス事象（表2）が例示されている。

ビジネス取引を完了するために必要となるビジネス事象は、先述のとおり、本来、様々に定義できる。しかしながら、ビジネス事象が、有限個存在するという前提を置くことができなければ、図5の基本モデル（静的なモデル）の中で「ビジネス事象」と「ビジネス取引実体の状態」との間の関係性を考察することができない。そして、ビジネス事象を特定できなければ、その事象によって遷移する、1つ以上の対象（「ビジネス取引実体の状態」）との関係性を定義することはできない。したがって、ここでは、カタログ販売の取引を完了させる事象は、現実的には様々な可能性が考えられることを認めつつも、表2で示される14個のビジネス事象で展開できることを前提とする。

このような前提を置くことによって、「ビジネス事象」と「ビジネス取引実体の状態」との間の関係性を、静的・固定的な関係性の中で考察する

表2 カタログ販売におけるビジネス事象

| ビジネス プロセスの局面 | ビジネス事象の例 |
|-----------------|---|
| 計 画 | ① 売手はカタログを出版する。 |
| | ② 買手は売手に対して、カタログ請求する。 |
| | ③ 売手は見込みのある買手に対して、カタログを送る。 |
| 認 識 | ④ 買手は売手に対して、入手可能性と価格の問い合わせを行う。 |
| | ⑤ 売手は買手に対して、その入手可能性と価格の問い合わせの回答を行う。 |
| 交 渉 | ⑥ 買手は売手に対して、申し込みを送る。 |
| | ⑦ 売手は買手に対して、修正申し込みを送る。 |
| | ⑧ 買手は修正申し込みを受け入れ、支払スケジュールを提案する。 |
| | ⑨ 売手は支払スケジュールを受け入れ、契約の仕様を完了する（あるいは、修正申し込みが繰り返されるか、受け入れが延期されるか、ビジネス取引を中止するかである）。 |
| 実 現 | ⑩ 売手は買手に対して、商品の発送準備が整うと、事前出荷明細書を送る。 |
| | ⑪ 買手は売手に対して、点検済商品を受け入れると、受取報告書を送る。 |
| | ⑫ 売手は買手に対して、出荷後に請求書を送る。 |
| | ⑬ 買手は売手に対して、請求書の支払情報についての送金通知書を送る。 |
| 事後実現 | ⑭ 買手は売手に対して、保証の嘆願を送る。 |

注：ビジネス事象の説明文の前に、①から⑭までの番号を付している。

出所：ISO/IEC15944-4, p. 30.

ことが可能になる。そして、考察対象となる「ビジネス事象」は、14個で“ある (as is)”とする場合には、ビジネス事象の発生の順番や発生条件はどう“あるべきか (to be)”についての問題は、一旦切り離して検討を進めていくことができる。すなわち、「手続き的な構成要素」と「制約的な

構成要素」との関係性の検討は、一旦切り離して考えることにして、静的なモデルとしての基本モデル(図5)に基づいて、ビジネス取引の「宣言的な構成要素」と「手続き的な構成要素」との関係に限定して検討することが可能になる。

ただし、⑧「買手は修正申し込みを受け入れ、支払スケジュールを提案する。」のビジネス事象の「支払スケジュールを提案する」を考慮する場合には、追加的なビジネス事象やその発生条件を検討しなければならないので、検討の対象外とする。すなわち、その提案を“受け入れる”，“再提案する”，“延期する”，あるいは“中止する”等、売手がいずれを選択するかを場合分けして考える必要が生じるので、売手に対して「支払スケジュールを提案する」ことは考慮外とする。さらに、単純化するために、事後実現の局面における⑭のビジネス事象は、考慮外とする。

このような観点から、⑧のビジネス事象を「買手は修正申し込みを受け入れる。」に修正し、それに伴い⑨を省略する12個のビジネス事象を対象とする。また、これらの事象は、①から⑬の順番(①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑩→⑪→⑫→⑬)にしたがって発生するという前提を置く。

4-2 目 的

カタログ販売に限定して、ビジネス事象のステートマシンを構築するためには、ビジネス取引の「宣言的な構成要素」,「手続き的な構成要素」,および「制約的な構成要素」との関係性を定義する必要がある。

ただし、上述のようなビジネス事象の対象と順番を前提とすることから、Horiuchi & McCarthy (2011a) は、12個のビジネス事象から構成される「手続き的な構成要素」と「宣言的な構成要素」との関係性を、図5の基本モデル(PIM)として設計することを目的とする。

4-3 設計と機能

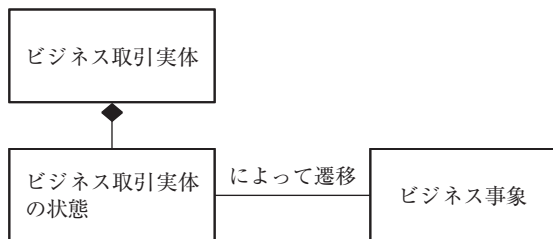
設計を展開するためには、図5のビジネス取引のステートマシンの基本モデルの構成要素である「ビジネス事象」、「ビジネス取引実体」、「ビジネス取引実体のライフサイクル」、および「ビジネス取引実体の状態」を定義する必要がある。

まず、「ビジネス事象」は、上述の12個のビジネス事象を対象とする。

第2に、「ビジネス取引実体のライフサイクル」は、取引の種類に応じて複数の状態候補の組を定義できる。しかしながら、単純化するために、一組の状態候補の流れだけを考察対象とする。この場合には、複数の状態候補の流れを展開するために必要となる「ビジネス取引実体のライフサイクル」(のクラス)を定義することは不要となる。したがって、図5の基本モデルは、図6のように修正できる。

第3に、「ビジネス取引実体」は、REAオントロジーの宣言的な構成要素から、「Resource」、「ResourceType」、「EconomicEvent」、「Agent」、「AgentType」、「Commitment」、「Claim」の7つのクラスを推定する。同時に、ビジネス・プロセスの局面(計画、認識、交渉、実現、事後実現)を表す「BusinessProcessPhase」クラスを「ビジネス取引実体」として認識する。また、これら8つの「ビジネス取引実体」の状態を記録するために、それ

図6 修正後の基本モデル



出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

ぞれの実体に対応する8つの「ビジネス取引実体の状態」のクラスを備えるものとする。

以上により、修正後の基本モデルをカタログ販売の事例に当てはめると、ビジネス取引のステートマシンは、図7のような「宣言的な構成要素」と「手続き的な構成要素」との関係性を有するPIMとして描くことができる。

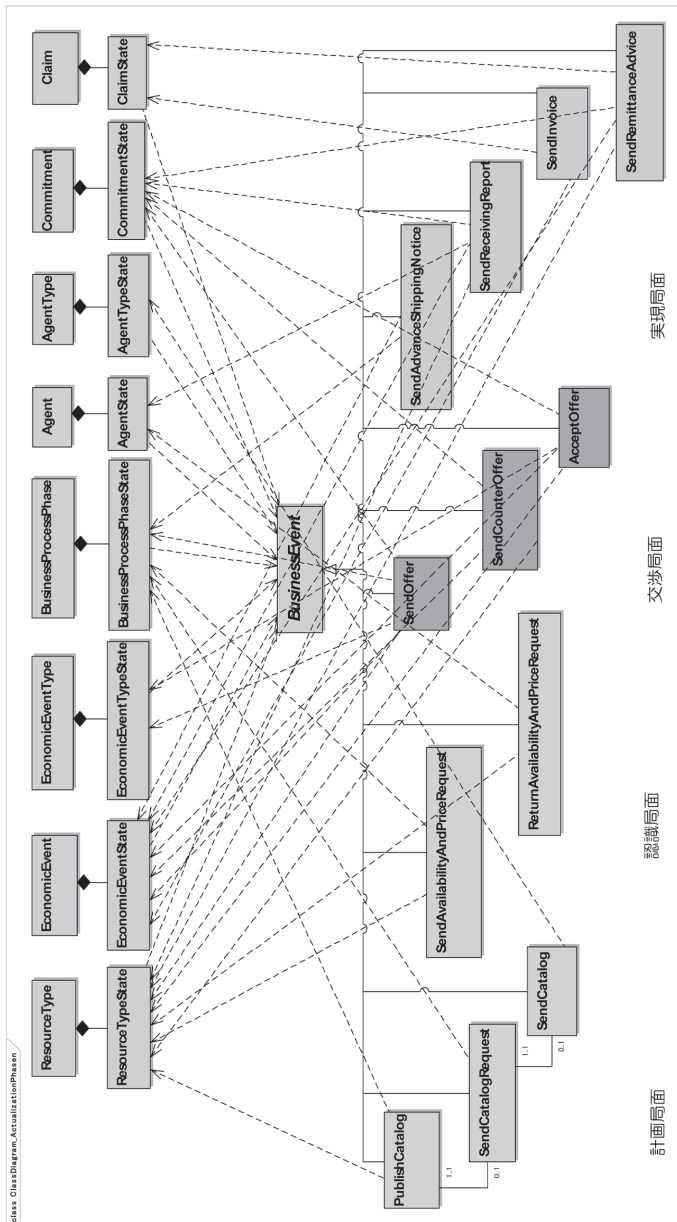
図7では、図の下に示される「ビジネス事象」の発生によって状態が遷移する「ビジネス取引実体の状態」に向けて点線が引かれている。この「ビジネス事象」と「ビジネス取引実体の状態」との間関係（点線の矢印）は、「委譲関係（dependency relationship）」と呼ばれる。この関係の中で、「ビジネス事象」の発生に伴う「ビジネス取引実体の状態」の遷移が定義される。たとえば、「publishCatalog」というビジネス事象が発生することによって、「ResourceTypeState」の状態が、状態候補の中から1番目の状態である「candidate」が選択される。同様に、「BusinessProcessPhaseState」の状態は、候補の中から「waiting」が選択される。

なお、ビジネス事象の発生に伴って、いずれの「ビジネス取引実体の状態」が遷移するかの「対象」をどのように特定するか、および「candidate」や「waiting」等の状態の候補の「名称」をいかに定義するのかという問題は、一意に決定できない。したがって、その意味生成を方向づけるコンテキストをいかに認識するかという点が重要になる。

ただし、このコンテキストは、観察される意思決定者の頭のなかにはあらかじめ静的に存在するものではない。また逆に現実世界であるビジネスや業務等の社会的環境にすでに存在するものでもない。「観察される意思決定者の間での相互的・反省的行為のプロセスのなかで状況的・動的に組織化される」（遠山，2009，9頁）という認識が重要となる。

したがって、そのような動的なコンテキスト観に立って、分析対象をよ

図7 カタログ販売の事例のビジネス取引のステートマシンのクラス図

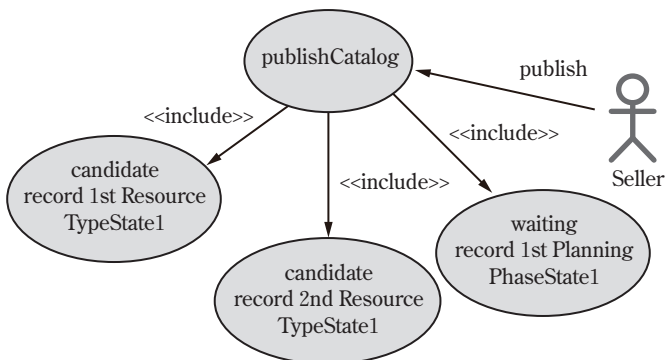


出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

り深く理解することによって、遷移する「対象」や「名称」についての説得力ある説明が可能になる。ただし、今回のような仮想的な事例をモデル化するには、分析対象や主体（人、組織、道具、環境やコンテキスト）が現実的には存在しないので、対象を豊かで深く理解することには限界がある。いい換えれば、頭の中で想定する人間アクター（売手や買手等）、資源、コミットメント、ビジネス事象等の概念に基づきつつ取引を再現したり、展開したりするアプローチでは、「現実世界を構成する人間と非人間アクターが全体として織りなす状況に関するすべてのニュアンス」について深く理解することには限界がある。

このような限界を理解しつつも、Horiuchi & McCarthy (2011a) では、図8のユースケース図や、図9の紙媒体のビジネス取引のステートマシンを作成する過程において、「ビジネス事象」の発生に伴う「ビジネス取引実体の状態」の遷移の流れを模擬的に想定する。そして、想定した流れを「追体験的に」解釈や反省する中で、状態が遷移する「対象」や状態候補

図8 「ビジネス事象」と「ビジネス取引実体の状態」の関係を分析するユースケース図



出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

の「名称」を、見直したり微調整したりする等「実行による学習 (learning by doing)」によるアプローチによって検討している。

なお、図8から図11においては、カタログ販売の事例における1番目のビジネス事象である「publish Catalog」に限定して説明する。

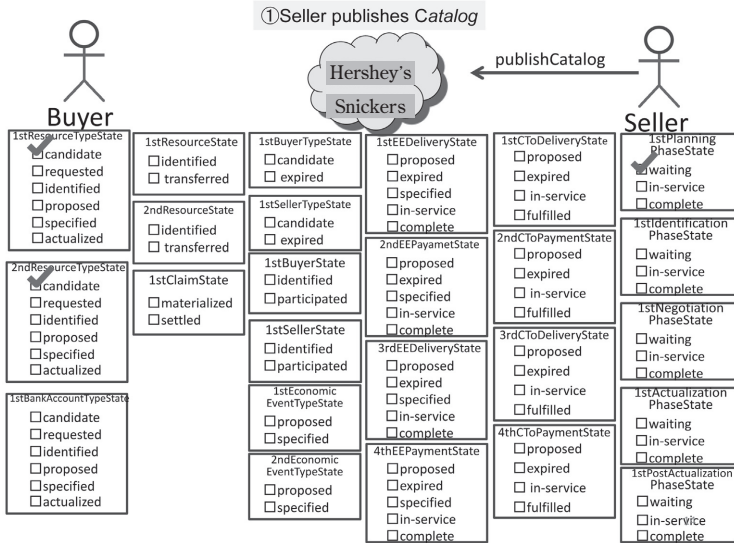
図8のユースケース図は、遷移する「ビジネス取引実体の状態」と状態候補の「名称」を規定するにあたり、試行錯誤を繰り返した結果として描かれる図である。すなわち、「publishCatalog」が発生することによって、「1st ResourceTypeState1」と「2nd ResourceTypeState1」の2つの経済事象タイプの状態が、いずれも「candidate」の状態になり、同時に、ビジネス・プロセスの局面の状態（「1st PlanningPhaseState1」）が「waiting」の状態になることを示す。

図9は、カタログ販売の事例における12個のビジネス事象の発生に伴って状態遷移する「ビジネス取引実体の状態」とその状態の候補の一覧表である。一覧表の作成においては、図8を用いつつ、この事例における12個のビジネス事象を「追体験的に」再現する中で、ビジネス事象の発生とそれに伴う「ビジネス取引実体の状態」が、取引完了に向けてどのように遷移するかを確認しながら、「ビジネス取引実体の状態」のとり得る状態の候補（とその名称）を試行錯誤的に検討している。

作成された一覧表では、次のように組織間で一元的にビジネス事象を記録する。まず、ビジネス事象が発生するごとに、この表の中から、状態が遷移する1つ以上の「ビジネス取引実体の状態」の状態候補の名称（の左側のチェック欄）に、現在の状態を表す赤色のレ点をそれぞれ記録する。そして、次のビジネス事象の発生によって、ある「ビジネス取引実体の状態」が次の状態候補に遷移する場合には、現在の赤色のレ点を黒色のレ点に修正するとともに、新たな状態候補の名称に赤色のレ点を記録する。

このような記録を通して、ビジネス取引の進捗履歴に関する情報が、1

図9 取引完了に向けての状態遷移の展開を確認する紙媒体のステートマシン



出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

つ以上の「ビジネス取引実体の状態」の状態候補の中で、すでに遷移した状態を表す黒色のレ点を確認することによって明らかになる。また、現在のビジネス取引の状態に関しては、1つ以上の「ビジネス取引実体の状態」の状態候補の中で、現在の状態を表す赤色のレ点を確認することによって明らかになる。さらには、完了に向けての進展状況は、レ点が付けられていない1つ以上の「ビジネス取引実体の状態」の状態候補を確認することによって明らかになる。

このような特徴を備える一覧表は、ビジネス取引として宣言される1つ以上の取引実体の状態が、取引を完了するために定義される一連のビジネス事象の発生に伴ってどのように遷移するかを展開する仕組みを備えたものであることから、紙媒体のビジネス取引のステートマシンと呼ぶことが

できる。

なお、このビジネス取引のステートマシンの基本構造や機能は、出発地から目的地までのルートを地図で案内する機能を備える「カーナビゲーションシステム、以下カーナビ」とのアナロジーで考えるとわかりやすい。カーナビが、ルート案内機能を実現するためには、「宣言的な構成要素」、「手続き的な構成要素」、「制約的な構成要素」が定義される必要がある。ここでの「宣言的な構成要素」は、詳細な道路情報を含んだ「地図情報」に相当する。「手続き的な構成要素」は、「目的地までのルート」に相当する。また、「制約的な構成要素」は、道路の警告や規制等の道路標識（右側通行、一方通行、追い越し車線）、および目的地までのルートの作成において距離を優先するか、それとも到着時間を優先するか等である。前者の制約は宣言的な構成要素に、また後者の制約は手続き的な構成要素に定義される。

そして、カーナビを利用して、出発地から現在の場所までのルートの軌跡、および現在の場所から目的地までのルートの候補を、画面上の地図に表示することが可能になるのは、地球上の現在の位置を測定する GPS (Global Positioning System, 全地球測位システム) から位置情報を受信することによって、自車の現在の位置を知ることができるからである。もしも、地図上の現在の位置情報がわからない場合には、出発地から目的地までの全体ルートの情報を得られたとしても、運転手は道に迷ってしまう可能性がある。たとえば、目的地までのルート案内として、紙媒体の道路地図を用いる場合がそうである。その場合、道路の傍らに設置される道路標識（地名や交差点名）を目視することによって、現実世界の現在の自車の位置を確認することができる。しかしながら、現在の自車の位置が、現実世界を表象する道路地図の中で確認することができなければ、目的地に向けて、次の交差点を右折する等の適当な行動をとることができない。そのた

めに、道に迷ってしまう。つまり、表象される道路地図が目的地までのルート案内として役立つためには、現実世界の自車の情報および、道路地図の中で現在どこにいるのかの情報をリアルタイムに連動させることが必要になる。

このことは、紙媒体のビジネス取引のステートマシンについても同様のことが指摘できる。すなわち、ビジネス取引を正常に完了させるために必要となるビジネス事象（現実世界の出来事）が発生するごとに、1つ以上の状態候補にレ点（その出来事の表象）を付けることを連動させることによって、その取引の売手と買手は、ビジネス取引に関するこれまでの進捗情報、現在の情報、および取引完了に向けての進展情報に基づいて、取引を（道に迷うことなく）展開できる。

以上により、図8と図9を作成したり展開および解釈したりする過程の知識を手掛かりとして、「宣言的な構成要素」と「手続き的な構成要素」との関係性をPIMとして表現したものが図7である。そして、このPIMとしてのステートマシンを確認するJavaによるテスト・プログラムの実行結果が図10と図11となる（テスト・プログラムやプログラムの流れ図であるシーケンス図は、省略する）。

図10は、「publishCatalog」というビジネス事象の発生によって、「ResourceTypeState」の現在の状態が「candidate」に遷移させる確認プログラムの結果（一部）である。なお、「BusinessProcessPhaseState」の状態が遷移する結果は省略する。

図11は、「ResourceTypeState」の状態を遷移させるビジネス事象を時系列で追跡する確認プログラムの結果（一部）である。なお、この結果も、「ResourceTypeState」の状態を遷移させる、取引完了に向けての一番目のビジネス事象である「publishCatalog」のみを示す。

図10 ビジネス事象の発生に伴い取引実体の状態を遷移させる
確認プログラムの結果

```
Configuration: <Default>
<<<Business Event information is here.>>>
-Event ID = 1
-Event name = "PublishCatalog"
-Date = Tue Sep 21 14:23:48 JST 2010

<Resource Type information is here.>
-Resource ID = 1
-Resource Type Name = Hershey's
-Resource Price = 0.99

<Current Resource Type State information is here.>
-State ID = 1
-Current State = This Resource Type State is "candidate" by the "PublishCatalog".
-Current PhaseName= PlanningPhase
-Publish Catalog date = Tue Sep 21 14:23:48 JST 2010
-Send Catalog Request data = null
-Send Catalog date = null
.....
```

出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

図11 取引実体の状態を遷移させるビジネス事象を追跡する
確認プログラムの結果

```
<Resource Type information is here.>
-Resource ID = 1
-Resource Type Name = Hershey's
-Resource Price = 0.99

<Current Resource Type State information is here.>
-State ID = 1
-Current State = This Resource Type State is "candidate" by the "PublishCatalog".
-Current PhaseName= PlanningPhase
-Publish Catalog date = Tue Sep 21 14:23:48 JST 2010
-Send Catalog Request data = null
-Send Catalog date = null
.....
<<<Business Event information is here.>>>
-Event ID = 1
-Event name = "PublishCatalog"
-Date = Tue Sep 21 14:23:48 JST 2010
.....
```

出所：Horiuchi & McCarthy (2011a).

4-4 課 題

Horiuchi & McCarthy (2011a) でのプロトタイプ・システムを構築することによって、カタログ販売の事例に限定するものの、「宣言的な構成要素」および12個のビジネス事象から構成される「手続き的な構成要素」との関係性を PIM (図7) として示してきた。そうした設計に基づくシステムのケイパビリティとしては、第1に、一連のビジネス事象の中から、あるビジネス事象が発生することによって、関連する1つ以上の「ビジネス取引実体の状態」を遷移させる機能(図10)と、第2に、ある「ビジネス取引実体の状態」を遷移させる1つ以上のビジネス事象を時系列に追跡する機能(図11)を備えていることを確認してきた。

なお、これまでは指摘してこなかったけれども、このシステムにおいては、そのプロトタイプシステムで対象とする12個のビジネス事象の発生の順番(「制約的な構成要素」)が、静的なモデルの中で定義される。すなわち、カタログ販売の事例において例示されるビジネス事象の発生の順序については、1番目の「publishCatalog」というビジネス事象を除いて、2番目から12番目までのビジネス事象は、必ず1つ前のビジネス事象の発生を前提としている。そして、その条件が、連続する2つのビジネス事象クラス間の関係性の中で定義される。たとえば、図7の2番目の「sendCatalogRequest」というビジネス事象が発生(インスタンス化)するときに必要となる引数として、1番目のビジネス事象である「publishCatalog」が必要になることが、「sendCatalogRequest」クラスの中で定義される。

このような条件を12個のビジネス事象間に定義することによって、ビジネス事象は、1番目から12番目に向けて順番どおりにしか発生できないことが保証される。ただし、このようなビジネス事象の発生条件を除いては、どのような条件が必要になるのかの検討は行っていない。なぜならば、Horiuchi & McCarthy (2011a) は、ビジネス事象の発生の順番や発生

条件はどうあるべきかについての問題は一旦切り離して、ビジネス取引の「宣言的な構成要素」と「手続き的な構成要素」との基本的な関係について限定的に検討するものだからである。

しかしながら、ビジネス取引を完了させるビジネス事象や活動は、常に12個に限定されるものではない。取引に必要となるビジネス事象はどのように特定できるのか、その特定が可能になる場合における特定の厳格性はどのように確保できるのか、さらには、その事象の発生条件とは何か等についての問題は未解決のままである。このようなビジネス事象の発生認識に関する問題を十分に考慮しなければ、想定外の事態が発生する危険があるので、標準的なビジネス取引の規定を用いて、信頼性ある取引を展開することは期待できない。

そして、このようなビジネス事象の網羅性や発生条件を検討するためには、静的なモデルとしてのクラス図(図7)のみでは十分な検討ができない。ビジネス取引が完了するまでの時間的な経過の中で、宣言的な構成要素、手続き的な構成要素、および制約的な構成要素との関係性を検討する必要がある。そのような検討に対して優れたモデルとして評価できるカラード・ペトリ・ネット(Colored Petri Net, 以下CPN)と呼ばれるプロセス・モデル(Aalst & Stahl, 2011)がある¹⁴⁾。このプロセス・モデルでは、ビジネス取引の3つの構成要素を1つのモデルの中で定義できる。以下では、そ

14) Aalst & Stahl (2011, p. 44) では、このプロセス・モデルの利用は、次のような効果(① 洞察、② 分析、③ 具体化)が期待できると説明される。すなわち、① 洞察として、ビジネス・プロセスや情報システムの構造とルールを設計者と分析者に明示させることを強いる。結果として、新しい考えが想起されたり、一貫性のない、あるいは、不備のある設計の意思決定が明らかになったりする。② 分析として、プロセス・モデルは、様々な種類の妥当性の検証から同定解析や性能解析までの出発点として役立つ。③ 具体化として、そのモデルは、情報システムを規定あるいは構築することができる。

のモデルを用いつつ、ビジネス事象の発生問題の解決を探る。

5. カラード・ペトリ・ネットによるビジネス取引のステートマシンの設計

5-1 カラード・ペトリ・ネットの基本的理解

ペトリ・ネット (Petri Net) は、1962年に Carl Adam Petri が考案したプロセス・モデルであり、ビジネスプロセスをはじめとする、様々なシステムの振る舞いを記述したり、その状態を変化させる方法を規定したりするモデルである (Aalst & Stahl, 2011)。

その特徴は、① 数学的な基礎に基づいてシステムの振る舞い (選択処理、繰り返し処理、並列処理等)、およびその状態の変化を厳密に定義できること、② 専門家以外の人であっても、① の過程をグラフィカルにシミュレーションできる機能を備えていること等が指摘される (Aalst & Stahl, 2011, p. 65)。

しかしながら、ペトリ・ネットは、ビジネス・プロセスを記述するために必要となるデータと時間という要素を扱えないために、大規模で複雑なプロセスの記述ができないという限界を抱えている。この限界を克服するために、カラー (a color) と呼ばれるデータ (ないし値) と時間という要素を扱えるように拡張されるペトリ・ネットが、CPN である。

CPN の構成要素は、「プレース (place)」、「トランジション (transition)」、「アーク (arc)」、「トークン (token)」というペトリ・ネットの基本要素に加えて、「プレース」の具体的なオブジェクトであるトークンがもつデータの型を意味する「プレースの型 (place type)」、そのプレースの型を定義する「カラーの集合 (color set)」（詳細は、下記で説明）、カラーの集合を操作する「変数 (variable)」、「定数 (constant)」、「関数 (function)」、および「アーク・インスクリプション (arc inscription)」や「ガード (guard)」等で

ある^{15), 16)}。

図12を用いて、これらの CPN の各要素とクラス図との関係性、および、プロセス・モデルとしての CPN の基本的な処理の流れを説明する。

① CPN の各要素とクラス図との関係性

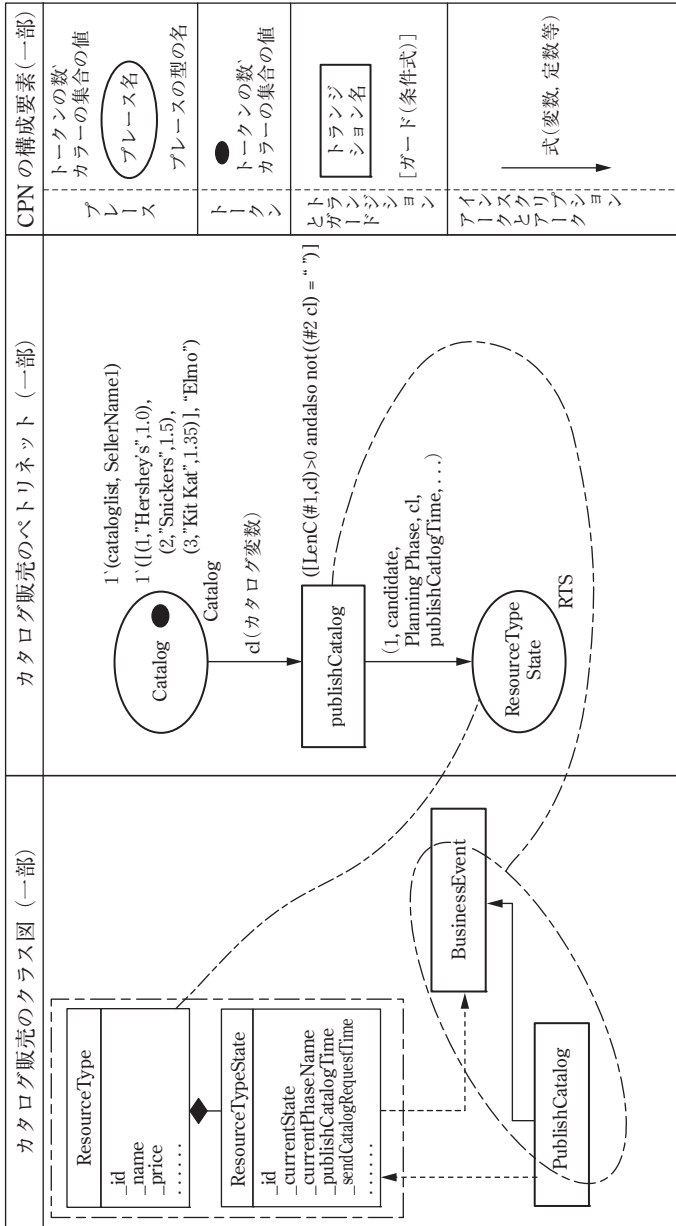
第1に、CPN では、「プレースの型」は、1つの「カラーの集合」として定義することが可能となる。また、2つ以上の「カラーの集合」の直積として定義することも可能となる。クラス図との関係においては、1つ以上の属性から構成される1つのクラスは、CPN では、クラス図のクラスも属性もいずれも「カラーの集合」として定義される。

クラス図と CPN の基本的な処理の流れを示す図12において、たとえば、「ResourceType」クラスは、「id」、「name」、および「price」の3つの属

15) タイプという言葉は、クラス図と CPN においては異なる意味をもつ。クラス図においては、ある具体的な実体がクラス（例：Resource）であり、抽象的なクラスが、タイプ・クラス（例：ResourceType）である。たとえば、Resource Type の具体例は、商品の種類（プリウス、クラウン……）、分類（乗用車、トラック）等である。また、Resource クラスの具体例は、個別に認識できる商品（車体番号が認識できるプリウス）である。

16) ベトリ・ネットの基本要素である「プレース」、「トークン」、「トランジション」は、様々な「もの」および「こと」を定義できる（Aalst & Stahl, 2011, pp. 96-99）たとえば、プロセスの状態を理解する対象である「プレース」は、コミュニケーション媒体（電話線、仲介者等）、地理的な位置（倉庫、病院、オフィス等）、起こり得る状態（エレベータの現在の階数等）を定義できる。プレースのインスタンス数である「トークン」は、物理的なオブジェクト（製品、部品等）、情報オブジェクト（メッセージ、信号等）、オブジェクトの集合（製品を積んだトラック、部品を保管する倉庫等）、状態の指標（信号機の赤・青・黄色の状態等）を定義できる。また、プレースの中にあるトークンの分布を変化させる「トランジション」は、事象（信号機が赤から青に変わること等）、オブジェクトの変容（製品の修理、データベースの更新等）、オブジェクトの輸送（商品の輸送、ファイルの送信等）を定義できる。

図12 カタログ販売におけるクラス図とカタログ図とカード・ペトリ・ネットの関係



性の直積として表される。このクラスは、CPNでは、以下のように定義される。まず、属性は、CPNでは「colorset カラーの集合の名前 = 型 ;」と定義することから、「ResourceType」クラスの3つの属性は、次のように定義される。

```
colset id = int ;
colset name = string ;
colset price = real ;
```

ここで、属性の定義に必要となる「colorset」は、「カラーの集合」を意味する。これは、本稿の注17のCPNtoolsにおいては、「colset」と表記される。

また、2つ以上の「カラーの集合」として定義されるクラスに相当する「プレースの型」は、「colorset クラスの名前 = product 属性 1 * 属性 2 * …… ;」と定義することから、上記の3つの属性の直積として以下のように定義される。

```
colset GoodsType = product id * name * price ;
```

ただし、CPNでは、クラス図で定義されるクラス間の関係（親子関係、継承関係等）は、プレース間の関係としては定義できない。したがって、本稿では、2つのクラスに親子関係がある場合には、CPNでは、2つのクラスを統合して、1つのプレースとして定義する。たとえば、図12の親子関係のある「ResourceType」クラスと「ResourceTypeState」クラスは、1つの「ResourceTypeState」プレースとして、以下のように定義する。

```
colset ResourceTypeState = product id * name * price * RTS_id *
currentState * currentPhaseName * publishCatalogTime *
sendCatalogRequestTime * . . . . . ;
```

なお、図12の PublishCatalog 等のクラス図におけるビジネス事象の各クラスは、CPN ではプレースのトークン分布を変化させるトランジションとして定義され、プレースとしては定義されない。

さらに、CPN においては、属性としての「カラーの集合」の名前は、一意の名前で定義しなければならない。そのために、クラス図においては「ResourceType」クラスと「ResourceTypeState」クラスの中で共通の名前として定義される属性「id」は、いずれかの名称を変更する必要がある。ここでは、「ResourceTypeState」の「id」を、CPN では、「RTS_id」という名前として定義する。

また、取引を正常に完了させるために必要となるビジネス取引の「開始」を意味する「Catalog」プレースが必要になる。Java のステートマシンにはない「Catalog」プレースが、なぜ必要になるかについては5.2で後述する。

第2に、トランジションは、ビジネス事象のクラスが対象となる。今回の例では、「BusinessEvent」と「PublishCatalog」の2つのクラスをまとめて、「PublishCatalog」トランジションとして定義する。なお、CPN においては、クラス図において定義される事象とは別の事象をトランジションとして定義する必要がある場合の特定方法は、5.3で議論する。

第3に、アークは、入力プレースからトランジションへ、または、トランジションから出力プレースへの遷移の矢印を示す。図12では、入力プレース「Catalog」からトランジション「publishCatalog」への遷移、およびトランジション「publishCatalog」から出力プレース「ResourceTypeState」

への遷移を表す2つのアークが定義される。

第4に、トークンは、プレースの型に適合する値をもちながらトランジションの発火 (fire) によってプレースを遷移するオブジェクトであり、「トークンの数 ` カラー集合の値」として定義される。図12では、入力プレース「Catalog」にあるトークンが、値「1` ([[1, “Hershey’s”, 1.0), (2, “Snickers”, 1.5), (3, “Kit Kat”, 1.35)], “Elmo”)」をもった状態として表されている。ここでの値は次のように定義する。すなわち、最初の「1」は、トークンの数が1つであることを表す。記号「`」の次の部分が、3つの商品から構成されるカタログの商品リストを表している。

第5に、アーク・インスクリプションは、トークンがもつ値を操作する変数 (定数) 等で構成されるアークに記述される式である。図12では、2つのアーク・インスクリプションが定義される。まず、入力プレース「Catalog」からトランジション「publishCatalog」への遷移を表すアークに記述される、カタログ ([[1 “Hershey’s”, 1.0), (2, “Snickers”, 1.5), (3, “Kit Kat”, 1.35)], “Elmo”) を受け取る変数としてのアーク・インスクリプション「cl」である。さらに、トランジション「publishCatalog」からプレース「ResourceTypeState」への遷移を表すアークにあるカラーの集合の値「(1, candidate, Planning Phase, cl, publishCatalogTime, …….)」としてのアーク・インスクリプションである。

なお、出力のアーク・インスクリプションの変数として定義される cl (カタログ変数) は、入力のアーク・インスクリプションに定義されているので、後述するバインディング違反は生じてはいない。

第6に、ガードは、トランジションの入力プレースにあるトークンがもつ値に対して、発火を決定する条件 (制約) 式である。ガードが、真のブール値 (ブール値は、真か偽のいずれかの値) をとる場合のみ該当するトランジションが発火できる。図12では、トランジション「publishCatalog」

の右横にある [] で囲まれた「`LenC(#1, cl)>0 andalso not((#2 cl) = "")`」が条件式である。この式の意味は、カタログが一定形式（商品リストの長さが0より大きく、かつ、売手の名称が空ではないという条件）を満たすかどうかの条件式である。

以上により、クラス図との対応関係において、CPNとして独自に定義するものは、上記の第2から第6である。

② プロセス・モデルとしてのCPNの基本的な処理の流れ

CPNにおいて、トランジションの発火によって、入力プレースから出力プレースへトークンが遷移する。発火条件がない場合には、発火するトランジションと関係するすべての入力プレースに1つ以上のトークンがあることが発火の条件となる。これは、基本的なベトリ・ネットの発火条件と同じである。

発火条件が定義できるCPNの場合には、さらに、ガード条件によって発火条件を定義できる。さらに、出力プレースへトークンを遷移させるためには、出力プレースのトークンがもつ値と入力プレースのトークンがもつ値との型を対応させる必要がある。すなわち、入力プレースのトークン中で定義されていない型の値は、出力プレースのトークンの値として受け取ることは不可能であるからである。

詳細には、トランジションから出力プレースへのアーク・インスクリプションに出力プレースの型に適合する変数が使われるとき、あるいは、トランジションのガードに何らかの変数が使われるとき、これらの変数は入力プレースからトランジションへのアーク・インスクリプションにおいて、入力プレースの型に適合する変数としても使われていなければならない。こうした変数の対応関係はバインディング (binding) と呼ばれる。

このバインディングは、トランジションから出力プレースへのデータ内容を指示するアーク・インスクリプションと、入力プレースから発火する

トランジションへのデータの内容を指示するアーク・インスクリプションが対応する場合に限って、ビジネス事象が発火することを規定するケイパビリティを備えていることから、ビジネス事象の発火条件の1つとして認識できる。

このCPNモデルは、図12の右側のシンボルを使って描くことができる。後述のCPNをコンピュータ上で展開することができるCPNtools¹⁷⁾と呼ばれるアプリケーションを利用する場合には、そのシンボルは、次のように描かれる。

プレースは楕円で描く。その右下にプレースの型の名前が描かれる。たとえば、Catalogプレースの型の名前は、Catalogである。また、入力プレースにおいては、初期マーキング (initial marking) としてのトークンの数とカラーの集合の値を設定する必要がある。そして、最初の入力プレース以外のプレースでは、現在の状態を表すトークンが表示される。このトークンの値といずれのプレースに配置されているかを理解することによって、現在の状態を確認することができる。トランジションは、長方形として描かれる。また、トランジションの発火条件としてのガード式は、トランジションの横に描かれる場合が多い。入力プレースからトランジションへの流れとしてのアークは、有向矢印として描かれる。アークの横に、アーク・インスクリプションが描かれる。

CPNtoolsを利用する場合には、各要素は、見やすい場所に移動させることができる。

なお、このCPNの特徴をよりよく理解するためには、分析対象の機能をデータの入出力の流れとして図式化・整理するプロセス・モデルの1つ

17) CPNtoolsは、Aarhus大学のKurt Jensenによって開発されたCPNのモデルをコンピュータ上で展開するアプリケーションであり、関数型言語SML (Standard ML) に基づいている (Aalst & Stahl, 2011, ch. 6)。

であるデータ・フロー・ダイアグラム (Data Flow Diagram, 以下 DFD) との対応関係において、その特徴を認識することができる。誤解を恐れずに指摘する場合には、DFD もデータの入出力を表現できるという点においては、CPN と同じ機能を備えている。しかしながら、DFD においては、データの入出力フローにおいては、CPN のような、「値、値の型、プロセスの発生条件を定義する」ことができない違いがある。このような理解に立つ場合には、CPN は単なるプロセス・モデルではなく、入出力におけるデータの値、値の個数、値の型、ビジネス事象の発生条件を厳密に定義できるプロセス・モデルである。

そして、厳密にプロセスを定義するにあたっては、その定義に必要なビジネス取引の宣言的な構成要素 (プレース、カラーの集合等)、手続き的な構成要素 (トランジション、アーク等)、および制約的な構成要素 (ガード、アーク・インスクリプション等) が必要となる。いい換えれば、コンピュータ・システムとしてビジネス取引を定義するための必要十分条件となる 3 つの構成要素を、CPN は、1 つのモデルの中で検討できる。

なお、トークンは、本稿の注16で指摘したように様々な解釈が可能となるが、プレースの型の具体的なオブジェクト (インスタンス) に相当することから、宣言的な構成要素といえる。

5-2 CPN によるプロセス・モデル

CPN のモデルに限らず、コンピュータ・システムとしてモデルを展開するためには、厳格な定義が必要となる。しかしながら、モデルの分析対象は様々な解釈され得ることからすれば、その対象は、一意にモデル化することはできない。つまり、あるモデルは、現実世界についての何らかの目的に基づく限定的な理解に過ぎないからである。したがって、本来、分析対象の 1 つの解釈に基づく CPN のモデル (表象モデル) を通じて、その

対象(現実世界)のすべてを説明できないことに注意する必要がある¹⁸⁾。以下で展開する CPN モデルも同様である。

このように、表象モデルを通した現実世界の理解には、本来、限界があることを理解しつつも、コンピュータ・システムとして CPN モデルを構築する場合には、宣言的な構成要素、手続き的な構成要素、制約的な構成要素を定義する必要がある。本稿では、以下の前提に基づいて、そのモデルを構築および評価する。

その前提とは、第 1 に、表 2 で示されるカタログ販売の 5 つのビジネス取引の局面のうち、計画局面から認識局面までを対象とする。

第 2 に、ビジネス取引の宣言的な構成要素については、第 4 章で展開した Horiuchi & McCarthy (2011a) のプロトタイプにおいて定義したクラス図に基づく。すなわち、「ResourceType」, 「ResourceTypeState」, 「BusinessProcessPhase」, 「BusinessProcessPhaseState」, 「Agent」, 「AgentState」, 「AgentType」, 「AgentTypeState」のクラスに基づいて構築する。

第 3 に、ビジネス取引の手続き的な構成要素については、計画局面と認識局面におけるビジネス事象とその発生に伴うビジネス取引実体の状態変化を表すユースケース図と紙媒体のビジネス取引のステートマシンに基づく。すなわち、「publishCatalog」, 「sendCatalogRequest」, 「sendCatalog」, 「sendAvailabilityandPriceRequest」, および「returnAvailabilityandPriceReq

18) このような現実世界は、多様に解釈可能である見解は、Aalst & Stahl (2011, p. 91) においても示される。すなわち、CPN のモデル化を展開する上での基本前提となる 2 つの要求 (claim) を指摘する。「要求 1」は、「同じシステムをモデル化する方法は多数存在する。」(p. 91) である。また、「要求 2」は、「多くのシステムは、まったく同じ方法でモデル化され得る」(p. 93) である。これらの 2 つの要求が意味することは、現実世界は一意にモデル化されないものであり (要求 1), また、あるモデルは他の状況においても利用できる (要求 2) のである。

uest」に関するビジネス事象が対象となる。

第4に、制約的な構成要素については、第1から第3に基づいて、入力プレースからトランジションおよびトランジションから出力プレースへのデータの流れにおいて、値、値の型、およびビジネス事象の発生条件を定義する。すなわち、トランジションから出力プレースへのアーク・インスクリプションの変数およびガード式の変数や型は、必ず入力プレースからトランジションのどこかのアーク・インスクリプションの変数や型として現れなければならないインデントの規則にしたがって、データの入出力の厳密性および整合性が定義される。

第5に、ビジネスを正常に完了させるために必要となる、取引対象を特定したり、取引局面の進展を可能にしたりする事象がある場合には、追加定義する。

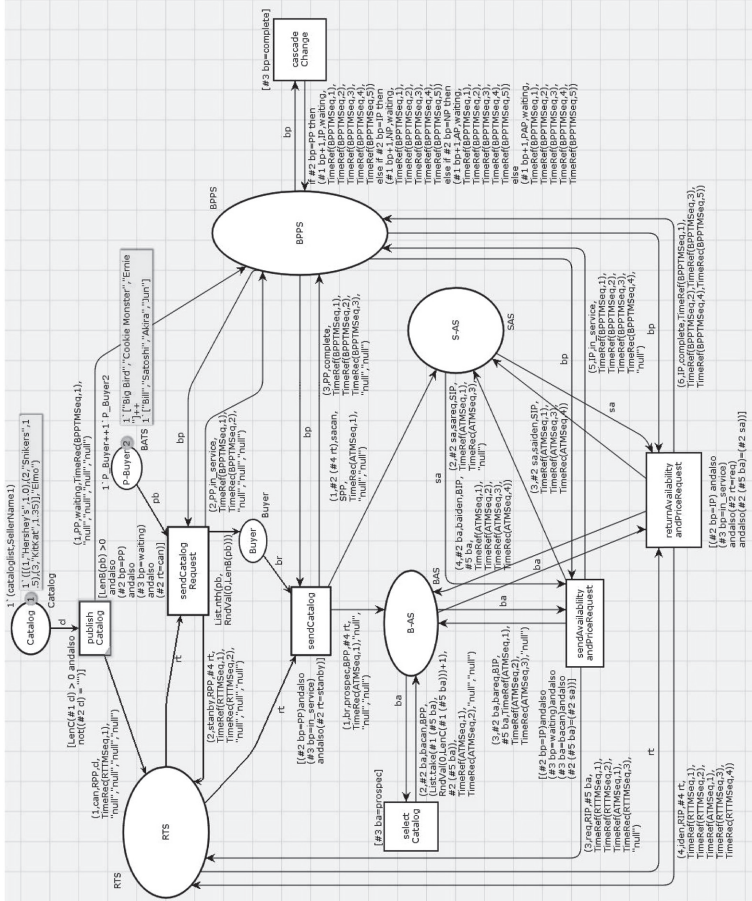
第6に、第1から5に基づいて、仮想モデルのCPNモデルを構築する際に、当初のクラス図には存在しない新たなクラスとビジネス事象を認識することができる。これらは、追加的なプレース、トランジションとして定義する。

第7に、第1から6に基づく紙面上に描かれるCPNモデルでは、モデルの作成時の正確性や厳格性は確認することが難しい。また、ビジネス取引の進展に伴うプロセスの状態変化や振る舞いをシミュレーションすることもできない。CPNtoolsを用いる場合には、CPNモデルを正確かつ厳密に定義したり、シミュレーションしたりすることが可能となる。

以上の前提に基づいて、カタログ販売のCPNモデルを構築する場合には、CPNを構成する要素は図13のようになる。ここでは、紙面の都合上、上記の第5について限定的に説明する。

すなわち、計画局面と認識局面においては、新たなプレースとして「Catalog」プレース、「P-Buyer」、「Buyer」プレースの必要性を認識する。

図13 カタログ販売のCPNモデル (初期状態)



同様に新たなビジネス事象として、「selectCatalog」、「cascadeChange」ビジネス事象の必要性を認識する。

① 「Catalog」プレースの必要性

Horiuchi & McCarthy (2011a) では、単純化のために、1種類の商品を1つのカタログと想定している。しかしながら、通常、商品カタログという場合、複数の商品を扱う商品リストとしてカタログを認識する必要がある。このような観点から、このCPNモデルでは、「Catalog」プレースを、以下のように複数商品をリスト（構造）として扱える「Catalog」プレースの型として定義する。

Catalog プレースの型「Catalog」の定義

```
colset RT = product RTID * RTName * RTPrice ;
colset ListofRT = List RT ;
colset Seller = string ;
colset Catalog = product ListofRT * Seller ;
```

すなわち、上記の4つのカラーの集合のうち、1番目の「RT（リソースタイプ）」は、「RTID（商品ID）」、「RTName（商品名）」、「RTPrice（商品価格）」の直積である。すなわち、ある特定の商品についての商品情報である。2番目のListofRTは、複数の商品のリストとして定義するカラーの集合である。3番目は、売手の名称を意味するカラーの集合である。これらのカラーの集合に基づいて、4番目のCatalogが定義される。すなわち、カタログは、商品のリストと売手の直積である。

なお、ビジネス取引が正常に完了するためには、いずれかの取引局面において、売手と買手が1対1で対応することが必要になる。CPNモデルの中でこのような対応を実現するためには、売手と買手のデータ（カラーの集合）をいずれかの入力プレースの中で定義する必要がある。しかしな

がら、その入力プレースは、多様な解釈が成り立つことから、一意には特定できないので、ここでは、ビジネス上でのカタログは売手によって発行される (publishCatalog) と想定する。したがって、本稿の CPN モデルにおいては、複数の商品のリストと売手のカラーの集合の直積として Catalog プレースの型「Catalog」を定義している。

すなわち、プロセス・モデルとして CPN モデルを構築する第 4 の前提にしたがって、売手 (Seller の情報) が含まれる「Catalog」プレースが必要になることが判明した。

② P-Buyer と Buyer プレースの必要性

① の「Seller」の特定と同様に、ビジネス取引が正常に完了するためには、いずれかの取引局面において、売手と買手が 1 対 1 で対応することが必要になる。その特定は一意に特定することはできない。ここでは、3 番目のビジネス事象 sendCatalog が発火することによって、売手と買手が 1 対 1 で対応するという前提に立っている。したがって、この 3 番目ビジネス事象の発火よりも前の段階の入力プレースの中で、売手と買手のデータが必要になる。売手のデータは、① の Catalog プレースの型「Catalog」の中に存在する。

それに対して、買手のデータは、何らかのプレースとして定義する必要がある。この点に関しては、買手が、1 番最初にビジネス事象に関与するのは、2 番目のビジネス事象「sendCatalogRequest」である。したがって、この事象への入力プレースとして買手のデータを定義する必要がある。その買手のデータを、このモデルでは、「P-Buyer」プレースとして定義する。この「P-Buyer」プレースは、複数の見込み客のグループ (リスト) である。図中では、2 つの顧客グループを定義している。1 つは、「Big Bird」、「Cookie Monster」、「Ernie」であり、もう 1 つは、「Bill」、「Satoshi」、「Akira」、「Jun」である。グループは、売上高、地域等の観点から定義できる。

図中において、この「P-Buyer」プレースは、2番目の事象が発火することによって、1人の買手を意味する「Buyer」プレースに変換される。

P-Buyer プレースの型「BATS」と Buyer プレースの型「Buyer」の定義

```
colset Buyer = string ;
colset BATS = List Buyer ;
```

③ selectCatalog ビジネス事象の必要性

本稿の表2における第4番目のビジネス事象「買手は売手に対して、入手可能性と価格の問い合わせを行う」ためには、問い合わせを行う対象としての商品を特定する必要がある。このモデルにおいては、商品は、複数商品のリストとしてのカタログのデータを定義しているので、そのデータの中から、問い合わせを行う対象を特定化する事象が必要となる。すなわち、プロセス・モデルとしてCPNモデルを構築する第5の前提にしたがって、「selectCatalog」事象を定義している。

④ cascadeChange ビジネス事象の必要性

ビジネス取引の局面は、計画→認識→交渉→実現→事後実現という流れで進展する。ビジネス事象の発火によって、ある取引局面の状態が「complete」になると、次の取引局面の状態が「waiting」となる。そのような取引局面を次の状態に進展させる事象を、本稿では cascade Change と呼ぶ。たとえば、計画局面の状態が「complete」になると、認識局面の状態が「waiting」になる。

5-3 考 察

Horiuchi & McCarthy (2011a) は、静的なモデルとしてのクラス図(図7)を中心とする検討であるために、取引を正常に完了するために必要と

なるビジネス事象はどのように特定できるのか、その定義の厳格性はどのように確保できるのか、さらには、その事象の発生条件とは何か等については未解決のままであるという問題を抱えていた。

第5章では、CPNと呼ばれるプロセス・モデル(Aalst & Stahl, 2011)を構築することによって、そうした問題を解決できるか否かの検討を試みてきた。

その結果として、ビジネス事象を正常に完了させるためには、新たに、「selectCatalog」、「cascadeChange」ビジネス事象が必要になること、および売手と買手の1対1の対応づけを図るために、「Catalog」プレース、「P-Buyer」、「Buyer」プレースの必要があることを明らかにした。

なお、本稿では、CPNモデルの構築にあたり、そのCPNの構成要素を定義する際に、第4章までのビジネス取引の概念との関係性を整理したり、追加的な前提を置いたりして、モデルを構築している。その構築したモデルは、コンピュータによるシミュレーション機能を備えるCPNtoolsを用いてシミュレーションを展開する。そして、CPNモデルが展開可能である場合には、1つの厳密なモデルの定義が検証および評価できるというアプローチを採用してきた。

ただし、このようなアプローチは、前提が変われば、モデルの内容も変わってしまうことになる。このような限界はあるものの、このアプローチは、CPN構築にあたってのガイドラインとして機能するので、モデルの構築からその評価までの一連の流れの再現可能性が高まることが期待できる。

6. むすびにかえて

本稿では、伝統的な取引処理システムの特徴と比較しつつ、組織間で一元的に取引データを記録する新しい取引処理システムの特性を明らかにした。この新しい取引処理システムを構築するための要件を考えるにあた

り、先行する ISO のビジネス取引概念に基づく Horiuchi & McCarthy (2011a) のビジネス取引のステートマシンの特徴と課題を分析した。すなわち、先行研究でのカタログ販売の事例のプロトタイプ・システムでは、仮想的に定義される12個のビジネス事象と8つのビジネス取引実体を前提として、ビジネス取引の「宣言的な構成要素」と「手続き的な構成要素」との基本的な関係を PIM (図7) として明らかにしている。

しかしながら、本来、ビジネス事象を正常に完了するために必要となるビジネス事象は、仮想モデルで示される12個の事象に限定されない。したがって、先行研究では、必要となるビジネス事象とは何か、およびその発生条件を厳密には定義できていないという問題を抱えている。そのために、電子商取引を行う当事者が、その仕組みを利用して取引を展開する場合には、想定外のビジネス事象がつぎつぎに起こる可能性があるために安心して利用できるレベル（の厳密な定義）には至っていないことを明らかにした。

このような問題点を解決するためには、ビジネス取引の基本的な必要十分条件となる宣言的な構成要素、手続き的な構成要素、および制約的な構成要素を1つのモデル中で、展開できる CPN を用いる検討が、1つの解決に結びつくという認識に基づいて、仮想モデルの CPN を構築してきた。この経験から、以下のような理解が可能になることを示して、むすびとする。

第1に、CPN においては、ビジネス事象とビジネス取引実体が特定できる場合には、その発生（発火）条件は、1つ以上のビジネス取引実体が、ある状態から別の状態に移移する条件として厳密に定義できる。たとえば、所定の要件を満たす形式が整ったカタログであれば、publish Catalog というビジネス事象が発生できるものとして定義できる。

第2に、第1に関連して、ビジネス取引実体の特定は、REA オントロ

ジーに基づいて定義することができる。このような状態遷移の対象となる宣言的な構成要素を前提とするからこそ、モデル化が容易になる。このモデルがなければ、CPNモデルにおけるプレースやトランジションの構成要素を特定化することは困難である。ただし、REAオントロジーは、ビジネス取引を構成する宣言的な構成要素に関するあくまでも“ひな型”に過ぎない。したがって、このオントロジーを使えば、ビジネス取引を正常に完了させるために必要となるビジネス取引実体が一意に定義できるものではない。本稿では、8つのビジネス取引実体を所与のものとして分析を展開していることから明らかなように、この問題については考慮していない。ただし、以下の第4と同様に、この取引実体の認識においても、意味生成のプロセスに影響を与えるコンテキストに注目する必要がある。

第3に、第1に関連して、ビジネス取引を正常に完了させるために必要となるビジネス事象の特定は、出力プレースの値は必ず入力プレースの値に基づくことを基本とする、仮想モデルのCPNモデルを定義する中で検討できる。こうした検討によって、本稿では、先行研究では特定することができなかったビジネス事象として、カタログの中から希望する商品を選択する「selectCatalog」事象や、ビジネス取引局面を次の局面に進める「cascadeChange」事象、および売手と買手が1対1で対応するためにはいくつかのプレースが必要なることを明らかにした。

第4に、第3のCPNモデルを定義する際には、その定義の前提を示しているために、CPNモデルの構築からその評価までの一連の流れの再現可能性が高まることが期待できる。いい換えれば、ビジネス取引のステートマシン構築のためのCPNモデル設計のガイドラインを示したことになる。しかしながら、このガイドラインに基づく展開を行ったとしても、ビジネス取引を完了させるために必要となるビジネス事象は、一意に定義することはできない。本稿では、その定義においては、意味生成のプロセス

に影響を与えるコンテキストに注目する必要があるという認識にたつて、「ビジネス事象」の発生に伴う「ビジネス取引実体の状態」の遷移の流れを模擬的に想定し、その想定した流れを「追体験的に」解釈や反省する「実行による学習 (learning by doing)」アプローチによって検討している。

第5に、CPNモデルのコンピュータによるシミュレーション機能を備えるCPNtoolsを用いて、CPNモデルが展開可能である場合には、ビジネス取引の基本的な必要十分条件となる宣言的な構成要素、手続き的な構成要素、および制約的な構成要素を1つのCPNモデル中で厳格に定義できる。したがって、第4までの過程からの解釈に基づいて作成される仮想モデルのCPNの定義の厳密性を評価できる。すなわち、取引を正常に完了させるビジネス取引の発生条件と網羅性に関する定義の厳密性を評価できる。しかしながら、CPNtoolsによる展開が可能であったとしても、様々な展開が想定されるビジネス取引の流れの1つを評価したに過ぎないこと、および、仮想モデルを前提として分析および設計するというコンテキストを超える次元における発生条件や網羅性の妥当性は検討できないという問題を抱えている。

第6に、第5と関連して、仮想モデルにおいては、分析対象（市場、商品、競争相手等）や主体（売手や買手等）が現実的には存在しない。そのため、現実世界や行為から切り離された実体のない視点・空間における仮想の取引を「追体験的に」展開、解釈したとしても、あくまでも、仮想モデルの設計プロセスに埋め込まれた、設計者、ビジネス取引概念、追体験およびプロトタイプ・システムから構成されるコンテキストからの対象の認識に過ぎない。つまり、第3で示したビジネス事象の認識では、現実の取引行為を前提とする場合における「状況に埋め込まれた学習」(Lave & Wenger, 1991) による「漂流・逸脱：drift, deviation」(Cibora, 2001) を伴う「実行による学習」によって、対象を豊かで深く理解することや即興的に

新しい意味を認識することは期待できないという限界を抱えている。

第7に、ISO では、ビジネス取引を正常に完了させるために必要となるビジネス事象と取引実体は、特定できることを前提として、ビジネス事象と実体との関係性を静的なモデルとしての基本モデル(図6)の中では検討している。このような前提は、「対象」と「コンピュータが理解できる仕様」との間には、1対1の対応関係が存在することを意味する。つまり、ISOの標準化は、「事前に定義される性質と構造に基づいて共通の外部的な現実が存在する」(Lewis, 1994, p. 138)という「实在論(realism)」としてのオントロジーの仮定に基づいていると想定される。そして、この前提があることによって、本来、様々に解釈可能な分析対象が一意に特定できることから、コンピュータでの展開を念頭に置く Gruber (1993) のオントロジーの観点からのアプローチが可能になる。ISO では、標準規格を作るために、このような前提を置いているものと想定される。しかしながら、状況適応的な情報化を最終目的とする場合には、組織は、標準規格を用いる情報化を自己目的化することはできない。すなわち、現実世界は、「非常に複雑で、混乱し、絶えず変化している」(Lewis, 1994, p. 138)とする「唯名論(nominalism)」としてのオントロジーの仮定に立って、利用目的やコンテキストに応じて様々に解釈できるので、この前提を常に当てはめることは妥当とはいえない。

最後に、以上の問題や限界を克服するためには、「対象」と「コンピュータが理解できる仕様」との間には1対1の対応関係があるものとして捉える傾向が強いオントロジー(Gruber, 1993)からのアプローチ、および仮想モデルの中での分析や設計の展開に留まるアプローチを超えて、現実世界のコンテキストの中での状況適応的なサプライチェーンを分析や設計を展開するにあたっては、解釈主義、社会構成主義、制度主義といわれる経

営や組織論研究の成果をよりどころにするアプローチが重要になる。とくに情報システム設計に関しては、状況論的な情報システム設計 (Johnston, Waller & Milton, 2005; 遠山, 2006; 遠山, 2008) やソフトシステム方法論 (Soft System methodology) に基づく解釈的なデータ・モデル (Lewis, 1994; Hirschheim, Klein, & Lyytinen, 2005; Lai, 2012) 等が参考になろう。この領域の検討は、今後の研究課題としたい。

参考文献

- Aalst, W. Stahl, C. (2011), *Modeling Business Processes – A Petri Net – Oriented Approach*, The MIT press.
- Andros, D.P., J. O. Cherrington, & E. L. Denna (1992), "Reengineer Your Accounting, The IBM Way," *Financial Executive*, July-August 1992, pp. 28-31.
- Booch, G. (1993), *Object-oriented Analysis and Design with Applications, 2nd ed.*, Benjamin Cummings (山城 明 井上 勝弘・田中 博明・入江 豊・清水 祥子・小尾 俊之 訳 (1995) 『Booch 法：オブジェクト指向設計と設計 (第2版)』アジソン・ウェスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン).
- Ciborra, C. U., ed. (2001), *From Control to Drift: the dynamics of corporate information infrastructures*, Oxford University Press.
- Eriksson, E., & Penker, M. (2000), *Business Modeling with UML*, John Wiley & Sons (鞍田知美・本位田真一監訳, 東秀明・児玉公信・中谷哉子・山本純一・飯島純一・高橋徹・羽生田栄一・吉田和樹訳 (2002) 『UMLによるビジネスモデリング』ソフトバンクパブリッシング).
- Geerts, G. L., & McCarthy, W. E. (1997), "Modeling business enterprises as value-added process hierarchies with resource-event-agent object templates in J. Sutherland, D. Patel, C. Casanave, G. Hollowell and J. Miller eds., *Business object design and implementation*. Springer-Verlag, pp. 94-113.
- & ——— (2001), "Using Object Templates from the REA Accounting Model to Engineer Business Processes and Tasks," *The Review of Business Information Systems*, Vol. 5, No. 4, pp. 89-108.
- & ——— (2002), "An Ontological Analysis of the Primitives of the Extended-REA Enterprise Information Architecture," *The International Journal of Accounting Information Systems*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-16.

- Gruber, T. (1993), "A translation Approach to Potable Ontologies," *Knowledge acquisition*, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220.
- Keen, P., & McDonald, M. (2000), *The eProcess Edge — Creating Customer Value and Business Wealth in the Internet Era* —, McGraw-Hill (仙波孝康・中村祐二・西村祐二・前田健蔵・沢崎冬日 訳 (2001) 『バリューネットワーク戦略—顧客価値創造のeリレーションシップ』ダイヤモンド社).
- Havey, M. (2006) *Essential Business Process Modeling*, O'Reilly (長瀬嘉秀・永田渉監修, 株式会社テクノロジックアート訳『詳説ビジネスプロセスモデリング: SOAベストプラクティス』オライリー・ジャパン, 2006) .
- Hevner, A. & Chatterjee, S. (2010), *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*, Springer Berlin.
- Hirschheim, R., Klein, H. K., & Lyytinen, K. (1995), *Information Systems Development and Data Modeling – Conceptual and Philosophical Foundations* -, Cambridge University Press.
- Hollander, A. S., Denna, E. L., & Cherrington, J. O. (1996), *Accounting, Information Technology, and Business Solution*, IRWIN.
- Horiuchi, S., & McCarthy, W. E. (2011a), "An ontology-based state machine for catalog orders," the 5th Value Modeling Business Ontology (VMBO) Workshop 2011, Ghent Belgium.
- & —— (2011b), "A development of REA ontology based state machine for catalog orders," Semantic Modeling of Accounting Phenomena (SMAP) workshop, to be held on August 7, 2011, in conjunction with American Accounting Association Annual Meeting in Denver, USA.
- Huemer, C. & Zapletal, M. (2007), "A State Machine executing UMM Business Transactions," *Digital EcoSystems and Technologies Conference*, IEEE, pp. 57-62.
- , ——, Liegal, P., & Schuster, R. (2007), "Modeling Business Entity State Centric Choreographies," *The 9th IEEE international conference on E-commerce technology and the 4th IEEE international conference on enterprise computing, E-commerce and E-service*, IEEE, pp. 393-400.
- IEC/ISO 14662: Information technology – Open-edi reference model, third ed., International Organization for Standards (ISO), third ed., 2010.
- IEC/ISO 15944-1: Information technology - Business agreement semantic descriptive techniques Part 1: Business operational aspects of Open-edi for implementation, International Standard, The International Organization for Standards (ISO), second ed., 2011.

- IEC/ISO 15944-4: Information Technology -Business Operational View - Part 4 : Business Transaction Scenarios - Accounting and Economic Ontology, International Standard, The International Organization for Standards (ISO), first ed., 2007.
- Johnston, R. B., Waller, V., & Milton, S. (1995), "Situated information systems : supporting routine activity in organization," *International Journal of Business Information Systems*, Vol.1, Nos. 1/2, pp. 53-82.
- Langdon, G. (1982), *Computer Design*, Computeach press.
- Lai, L. (2012), *A holistic approach to information requirements determination-a joint application of soft system methodology and object-oriented analysis in determining information requirements -*, Lanmbert Academic Publishing.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991), *Situated Learning : Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press (佐伯 胖 (1993) 『状況に埋め込まれた学習—正統的周辺参加—』 産業図書).
- Lewis, P. (1994), *Information-Systems Development*, Pitman publishing.
- March, S. T., & Smith, G. F. (1995), "Design and natural science research on information technology," *Decision Support Systems*, Vol. 15, No. 4, pp. 251-267.
- McCarthy, W. E. (1982), "The REA Accounting Model : A Generalized Framework for Accounting Systems in a Shared Data Environment," *The Accounting Review*, Vol. 57, No. 3, pp. 554-578.
- (2012), "Accounting Craftspeople versus Accounting Seers : Exploring the Relevance and Innovation Gaps in Academic Accounting Research," *Accounting Horizons*, Vol. 26, No. 4, pp. 833-843.
- Porter, M., & Heppmann, J. E. (2014), "How smart connected products are transforming completion," *Harvard Business Review*, November, 2014 (有賀裕子 訳 (2015) 「「接続機能をもつスマート製品」が変える IoT時代の競争戦略」 『ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー』ダイヤモンド社, April, pp. 38-69.) pp. 65-88.
- Pralhad, C. K., & Krishnan, M. S. (2008), *The New Age of Innovation*, Mcgraw-Hill, 2009 (有賀 裕子 訳 (2009) 『イノベーションの新時代』 日本経済新聞出版社).
- Sully, P. (1993), *Modeling the World with Objects*, Prentice-Hall (本位田 真一監訳, 西村 一彦・入江 豊 訳 (1995) 『オブジェクト指向モデリング : 分析・設計・データベース・GUIをつなぐ基本モデル』 日経 BP 出版センター).
- Yordon, E. (1986), *Managed the Structured Technique, 3rd ed.*, Prentice-Hall (黒田 純一郎・渡部 研一共訳 (1987) 『構造化手法によるソフトウェア開発』 日本マク

ロウヒル社).

- 阿部泰博 (1995) 「日本アイ・ビー・エムの会計システムにおける新コンセプト」『IBM Professional Vision』No. 5, 88-92頁。
- 阿部貴浩・山根小雪 (2011) 「強い分散経営力をそがずに, リスクを減らす」『日経ビジネス』(2011年6月13日号) 日経BP社, 40-44頁。
- 池田大造 (2005) 「拡張性向上のカギは企業活動全体の把握とDB設計」『日経ITプロフェッショナルズ』, 日経BP, 100-108頁。
- 上野直樹 (1999) 『仕事のなかでの学習—状況的学習アプローチ—』東京大学出版会。
- 菊川裕幸・堀田善一・渡部尚史 (2006) 「「統合と変革」を同時に実現する新統合システム (J-Smile) の構築」『JFE 技法』No. 14, 1-4頁。
- 手島歩三 (1994) 『気配り生産システム: ポストJIT/MRPの新生産戦略』日刊工業新聞社。
- 遠山暁 (2004) 「eプロセス革新と組織の整合化」『商学論纂』, Vol. 45, No. 3-4, 1-35頁。
- (2006) 「状況論的経営情報論序説」『商学論纂』, Vol. 47, No. 3, 299-330頁。
- (2007) 「コンテクスチャルデザインとイノベーション」『組織コンテクストの再構成』(小松陽一・遠山暁・原田保 共編), 2-24頁。
- (2008) 「状況的情報システム開発の必然性」『商学論纂』, Vol. 49, No. 5-6, 45-71頁。
- (2009) 「情報経営研究への解釈主義アプローチの序説」『日本情報経営学会誌』, Vol. 29, No. 2, 3-13頁。
- 日経コンピュータ (2005) 「データ・モデルを軸に全社最適変化に強いシステムを実現」『日経コンピュータ』(2005年2月21日号) 日経BP社, 70-71頁。
- 日経ビジネス (2015) 「日経BPムック まるわかりインダストリー4.0 第4次産業革命」『日経ビジネス Special Edition』日経BP社。
- 日経バイト 「基盤技術と適用領域ごとに標準化が進む 実用化に向けて電子商取引が先行」『日経バイト』(2000年5月号) 日経BP社, 97-100頁。
- 堀内恵 (2012) 「ビジネス取引のステートマシン構築に向けて」『日本情報経営学会第64回全国大会予稿集』, 73-76頁。
- ・清水智 (2015) 「ビジネス取引のステートマシン研究の再考—“インダストリー4.0”に向けて—」『日本情報経営学会 第70回全国大会予稿集』, 121-124頁。
- 溝口理一郎 (2005) 『オントロジー工学: 知の科学』オーム社。

