

協調エンジニアリングの分析法 Multi-Context Map と Collaborative Linkage Map によるアプローチ

長谷川明子(*), 熊谷敏(**), 伊藤潔(*)
(*上智大学 (**)株式会社 山武

協調作業は複数の作業者と組織による協調的な業務プロセスである。そこに関与する作業者及び組織は、保有する資源や立場がそれぞれ異なるため、異なる情報の捉え方をする一方で、全体の業務として特定の目的を達成することが求められる。協調作業を分析するためには、業務全体の流れとその業務にかかわる資源（作業者、物、情報）の状態変化を分析し、把握することが必要であると考えられる。協調作業の全体を捉えるために Multi-Context Map (MCM) を用いた。MCM は、Context Map (CM) を結合して協調作業に存在する様々な作業を定義する。協調作業に関わる作業者、物、そして情報などの資源の状態変化を捉えるために Collaborative Linkage Map (CLM) を用いた。CLM は、Personnel-State Transition Diagram (P-STD), Material-STD (M-STD), Collaboration-STD (C-STD) という3種のマップを結合することによって、業務プロセスにおける伝達情報と資源情報の状態遷移を明示する。

Analysis Method of Collaboration and Concurrent Engineering Approach by Multi-Context Map and Collaborative Linkage Map

Akiko Hasegawa (*), Satoshi Kumagai (**), and Kiyoshi Itoh (*)
(*Sophia University (**)Yamatake Corporation.,

Collaboration task is a process, which involves diversified individual and organizations. They have different perspectives and common resources. Capturing general workflow and state of resources enables collaborators and developers to analyze, identify, and organize collaboration task in the initial stage of system development. We employ Multi-Context Map (MCM) for the description of general workflow. MCM define the various works that exists in collaboration task by combining Context Map (CM). We employ Collaborative Linkage Map (CLM) for the description of state transitions of resources that are transferred among collaborators. CLM indicates state transition of the transmission information and the resources information clearly by combining three kinds of Map, such as Personnel-State Transition Diagram (P-STD), Material-STD (M-STD), and Collaboration-STD (C-STD).

1. はじめに

複数人の作業者が与えられた作業手順に従って、各自分散し、共通の目標や目的に向かって協調作業を行う場合、各作業者は他作業者の作業進行を把握し、作業全体の実行順序の指定から自身が行うべき作業をしなければならず、また作業に必要

な資源の動きを把握しなければならない。つまり、協調作業に関与する作業者及び組織は、保有する資源や立場がそれぞれ異なるため、異なる情報の捉え方をする一方で、全体の業務として特定の目的を達成することが求められると考えられる。しかし、協調作業はシステムが極めて複雑であるた

め、人がそのシステムを十分に理解し、開発することは困難である。そこで、様々な角度からシステムを分析し、そのシステムが持つ性質を明確にすることが必要となる。それぞれのシステムが持つ性質を適切に表現することが求められている。

協調作業を分析するためには、業務全体の流れとその業務にかかわる資源(作業員、物、情報)の状態変化を分析し、把握することが必要であると考える。

協調作業の全体を捉えるために Multi-Context Map (以下、MCM) [1][2][3]を用いる。MCMは、Context Map を結合して協調作業に存在する様々な作業を定義する。MCMは、業務上に存在する様々なものの見方や立場を表現する。

協調作業に関わる作業員、物、情報などの資源の状態変化を捉えるために Collaborative Linkage Map (以下、CLM) [4]を用いる。CLMは、Personnel-State Transition Diagram (P-STD), Material-STD (M-STD), Collaboration-STD (C-STD) という3種のマップを結合することによって、業務プロセスにおける伝達情報と資源情報の状態遷移を明示する。MCM と CLM を組み合わせることで、作業員間にもどのような作業があり、どのような資源が使われているのか、ある作業を行うことによって、次の作業がどのように影響されるのか等を把握することができる。

2. 接面モデルと MCM

MCM では、協調作業において、2人の作業員が協調しながら作業を進めていくときに、両者の間には接面と2つのパースペクティブが存在すると捉える。そして、接面はトークン、マテリアル、インフォメーションを発生する(図1)。トークンとは、両者間で相互に認証される事実を示し、マテリアルは実際に存在するもの、インフォメーションは両者間で作業を進めるにあたり必要な情報を示す。

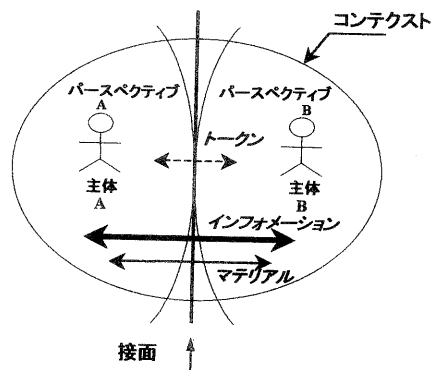


図1. 接面モデル

上記のモデルを下記の Context Map (以下、CM) (図2) として表現する。MCMでは全体業務をCMの結合によって表現する。

CMの基本概念図を図2に示す。

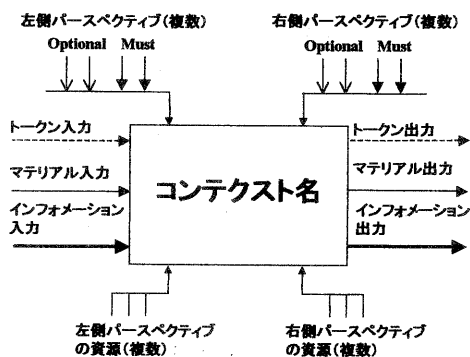


図2. Context Map

協調作業に関与する様々な人、組織、装置を主体と総称する。主体には、それぞれの異なるものの見方や立場があり、これをパースペクティブと呼ぶ。言い換えれば、協調作業には複数のパースペクティブが存在し、主体は各パースペクティブを代表する人、物、組織、または立場となる。協調作業において、2つの主体が連帯して作業するとき、2つのパースペクティブが存在し、両者の

間に界面が1つ存在する。界面を挟んで左右のパースペクティブを左側パースペクティブ、右側パースペクティブと呼ぶ。界面と左右のパースペクティブを一組としてコンテキストと呼ぶ。(図2)

表 1. CM の構成要素

| 名称 | 説明 |
|-----------|------------------------------------|
| トークン | 主体間で相互に認証される事実であり、コンテキストを遂行するための条件 |
| マテリアル | 質量や重量を持つ現実世界の物 |
| インフォメーション | 主体間で受け渡される情報、トークンとは区別される |
| 資源 | 作業を遂行するために必要なもの、情報・作業員・マテリアルなど |
| パースペクティブ | 作業に関与する作業者のものの見方や立場 |

3. CLM

CLM とは、業務に存在する資源（作業員、物、情報）の状態遷移図を示す。CLM では、状態遷移図を作成する際に、作業員に対する状態遷移図 (State Transition Diagram : STD) と物に対す

る状態遷移図を区別する。作業員に対する状態遷移図と物・情報に対する状態遷移図をそれぞれ Personnel-State Transition Diagram (P-STD), Material-State Transition Diagram (M-STD) と呼ぶ。そして、資源の状態を列挙する際にそれぞれのオントロジを考慮することによって、捉えるべき状態の列挙を容易に行うことが可能となる。作業員と資源が持つ状態の種類は3種類と定義する。状態の種類が3種類であるとする理由を以下に述べる。一人の作業員が担当する作業は、作業を依頼された時点から他者へ作業を引き継ぐ間に発生する。作業員が主に行う動作は、主に作業の本質を行う Enaction-State, 作業を依頼されたり引き継いだりする Commission-State, 作業を行っていない状態、つまり待ち状態の Dormant-State の3種類であると分析できる(図3)。仮に状態の種類を意識することなしに、状態の列挙を行うと、状態の数が莫大な量になる可能性を持つ。状態の種類を考えることによって、状態の量は最適となり、かつ、捉えるべき状態の列挙が容易に行えるという利点を持つ。また、作業員と資源の持つ状態の種類は両者同じであるため、状態の列挙が互いに相補的になっている。P-STD と M-STD の Enaction-State は、

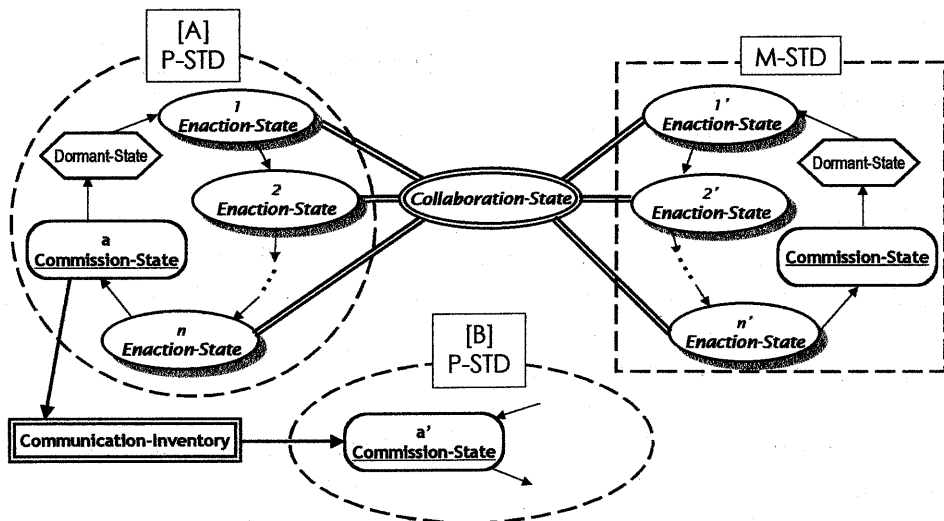


図 3. Collaborative Linkage Map

Collaboration-State (C-S) を介して連結される。C-S は協調作業における協業状態を示す。同様に、P-STD 同士も Communication-Inventory (C-I) を介して連結される。作成された M-STD と P-STD は互いに関わり合うように結合され、その結果、業務プロセス内での作業者と資源の関係と作業者間の関係が簡単に把握できる。

各状態の定義を以下に示す。

P-STD :

業務に関わる作業者は自身の作業遂行にあたって様々な状態を取る。それらの作業者の状態変化を状態遷移図で表現したものが P-STD である。

P-STD の持つ状態は Enaction-State , Commission-State と Dormant-State の3種類である。

M-STD :

業務に関わる資源 (物・情報) は作業進行と同時に、様々な状態を変化させる。それらの資源の状態変化を状態遷移図で表現したものが M-STD である。

P-STD 同様、M-STD は Enaction-State , Commission-State と Dormant-State の3つの状態を持つ。

Dormant-State :

作業者が作業せずにいる状態や、資源が保管されている状態など。

この状態の例として作業の待ち状態が挙げられる。また、作業するのに作業の本質ではないが、その準備段階の時の状態はその作業をするにあたって必要であると考えられる場合も、その状態を Dormant-State として定義する。

Commission-State :

作業者が他作業者と協調している状態。

他作業者に物や情報を渡し、渡されているときの状態は Commission-State である。また、物や情

報に対しても作業者間で受け渡されている状態のときには、その状態を Commission-State と定義する。作業終了後に作業者は次作業者に作業を引き継ぐとき、必ず情報や物を伝達する。

Enaction-State :

他作業者との協調とは無関係に存在している状態。上の 2 つの状態 (Dormant-State , Commission-State) 以外の状態である。

P-STD の Enaction-State は、作業者が物や情報を使用して作業の本質を行っている状態を示す。

M-STD の Enaction-State は情報やものが作業者によって参照されたときや、変化を加えられたときの状態を示す。

Collaboration-State(C-S) :

分析対象業務の協業状態。

作業者は情報や物を参照・使用することによって、作業を遂行することがある。つまり、作業者と資源との間には協業している状態がある。その状態を C-S と定義する。

C-S は、P-STD の Enaction-State と M-STD の Enaction-State との間で、作業者が情報・物を使用して作業しているという関係に着目して作成する。

Communication-Inventory(C-I) :

作業者が他作業者に作業を引き継いでいるときの両作業者間で受け渡しが認証できる情報、物そのもの。

他の P-STD へ作業が移り変わる時、他 P-STD と自身の P-STD 間で明らかに情報やものの受け渡しが発生する場合、その情報や物を C-I と定義する。

4. 事例:医療情報システムの協調エンジニアリング

医療情報システムの協調エンジニアリングプロセスを MCM と CLM で分析・モデル化した結果

を例示する。医療情報システム分析結果を図4、図5に示す。

図4：医療情報システムMCMについて

このMCMは、[受け付ける]、[診察する]、[検査する]、[調剤する]、[会計する]の5つのCMで医療情報システムMCMを表現している。[診察する]CMを用いてCMについて説明する。このCMは、下記の業務プロセスを示している。

【医療情報システム業務プロセスの一場面】：

受付後の患者のカルテが診察室に入る。看護婦はカルテを見ながら患者の名前を呼ぶ。患者は診察室へ入り、医師が診察を行う。その後、医師は診察の結果をカルテに書き込み、検査オーダーもしくは処方オーダー、それともその両方を出す。ときには検査結果書が診察室へ入ることもある。そのときには、医師はカルテと検査結果書を見ながら診察を行う。

この例では、[診察する]が1つの接面になり、左側パースペクティブに医師と看護婦が設定される。その様子が図4の[診察する]CMに示されている。ここでは[診察が終了した]というトークンが発生し、[医師]、[看護婦]、[診察マニュアル]の3つの資源が用いられる。また、[処方オーダー]、[検査オーダー]、[診察からの会計オーダー]、[カルテ]の4つのインフォメーションが発生する。

図5：医療情報システムCLMについて

このCLMは、5つのP-STD、5つのM-STD、5つのC-S、そして17つのC-Iから構成されている。

[受付係]P-STDを例にとり、医療情報システムCLMの一部を説明する。

受付係の作業をしていない時の状態は[待ち状態]Dormant-Stateにあり、患者受付時に受付係の状態は[受付作業を行う]Enaction-Stateに移る。その後、[患者のカルテを引き出す]Enaction-Stateから[受付日を記入する]Enaction-Stateに受付係の状態が移り変わり、その患者の病状によってカルテの渡す相手が異なる

ことから、[医師にカルテを渡す]Commission-State、[薬剤師にカルテと処方オーダーを渡す]Commission-State、[検査技師にカルテと検査オーダーを渡す]Commission-Stateの3種類のCommission-Stateが用意されている。[医師にカルテを渡す]Commission-Stateより、[医師]P-STDへカルテが伝達される時、これを[カルテ]C-Iとして定義している。そして、すべての作業が終了後、受付係の状態は[待ち状態]Dormant-Stateになる。[受付係]P-STDの状態変化に伴い、[カルテ]M-STDの状態も[管理されている]Dormant-Stateから[個人用に引き出される]Enaction-State、[受付日が記入される]Enaction-Stateへと状態が遷移する。

5. 考察

・他分析法との関連

業務プロセスの記述を扱う代表的なモデル化手法として、IDEF (Integration Definition Method) [7]が知られている。IDEFは、チャート表現による業務分析・モデル化のための手法の統合体系であり、IDEF0からIDEF14までの手法群からなる。このうち業務プロセスを対象とするものは、IDEF0/SADTとIDEF3である。IDEF0は、業務のアクティビティ間関連記述を主目的とし、IDEF3は、個々のオブジェクトの状態遷移を記述する。IDEF0では、業務プロセスをActivityの集合として捉え、Activityの関与する事柄をICOM (Input, Control, Output, Mechanism)で表す。業務プロセスにおいて、データや情報等のActivityに関与するすべての事柄は、ICOMに分類される。しかし、協調作業を含む複雑な業務を対象とする場合、業務をモデル化する人のActivityに関与するものの持つ意味の捉え方によって、ICOMの分類にあいまい性が生じる。すなわち、協調作業分析向きのモデル化手法ではないことが分かる。一方、MCMでは、業務プロセスの協調作業を表現することができるCMによって業務を分析している[6]。

また、システムの状態を捉え、状態変化をモデ

ル化する手法としてペトリネットがある。ペトリネットは、状態図としての表現が可能であるという大きな特徴を持ち、並行的・非同期的・分散的なシステムを表現することが可能な手法である。しかし、大規模なシステムにおいてはネットの構造が複雑化し、本来ペトリネットのメリットの一つでもある「視覚的にシステムを捉えることが容易である」ということが活かせない。また、協調作業に存在する協業状態や同期を取って作業が流れていく様子を表現することができない。CLMでは、状態はEnaction, Commission, Dormantの3種類が存在すると考えているため、状態数が大量となったときでも、状態の整理がつきやすい。そのため、ネット構造が複雑化したときにおいても、状態間の関係を把握しやすいメリットがCLMには存在する。したがって、CLMは協調作業に存在する資源の状態変化を分析する手法として有効であると考える。

・MCMによる性能評価

現在、MCMで記述された協調作業の分析・設計チャートをシミュレーションモデルに変換することが可能である[5]。協調作業の分析・設計の後に、業務が効率的に行われているかどうか、または、効率的に行うことができるよう設計されているかどうかについて、定量的に性能評価や性能予測を行う。その結果、協調業務の中でボトルネックになる作業を見つけ、作業を行う担当者や設備を増やし、その周りの作業の流れを変更して、業務全体の効率を改善する。

6. 今後の課題

・機械設計プロセスへの適用

機械設計プロセスでは、機械を製作するための具体的な情報をすべて獲得するために、構想を立て、基本的な性能を決定し、必要な機構や構造を練る。そしてさらに、それを具体化して詳細な形状・寸法・材料などすべてのことを決定する。これらの結果を基に設計図面を作成する。しかし、必要となる部品情報を一人の設計者がすべて設計

するのではない。作業は細かく分担され、多くの設計者が関わり合いながら、設計プロセスが進行する。設計者同士がうまく協調しあうことで、設計が円滑に進行し、効率良くすべての設計者が作業を進めることができる。設計プロセスでは、多くの基本的な知識や情報は共有することが求められ、また設計者間を行き来する情報の状態を把握することが求められている。

したがって、設計の基本的なプロセスと設計を進めるための基礎となる知識や情報の共有を把握するために、協調作業分析ツールであるMCMとCLMで分析することが必要であると考える。

7. 参考文献

- [1] S.Kumagai, A.Hasegawa, R.Kawabata, and K.Itoh: A domain Model for Collaborative Work using Multi-Context Map, IDPT'98, Berlin (July,'98).
- [2] S.Kumagai, A.Hasegawa, and K.Itoh: Describing Collaboration Task using Multi-Context Map, CE'98, Tokyo (July,'98).
- [3] 熊谷敏, 伊藤潔: マルチコンテキストマップによるコンカレントエンジニアリングプロセスの設計法, FOSE'97(December 1997).
- [4] Akiko Hasegawa, Satoshi Kumagai, and Kiyoshi Itoh: Collaboration Task Analysis by Identifying Multi-Context and Collaborative Linkage, CERA Journal, to appear (2000).
- [5] 伊藤潔, 熊谷敏, 川端亮: 協調エンジニアリングのための統合環境, 上智大学先端科学技術研究機構主催シンポジウム (October 1999).
- [6] 井上淳文, 熊谷敏, 川端亮, 伊藤潔: IDEFO・MCMコンバータによる協調作業分析の効率化, FOSE '99, (November 1999).
- [7] Mayer, R.J.: IDEF family of Methods for Concurrent Engineering and Business Re-engineering Applications, Dorset House Pub., (1992).

本研究の一部はRPD/IMSの支援を受けて実施したものである。

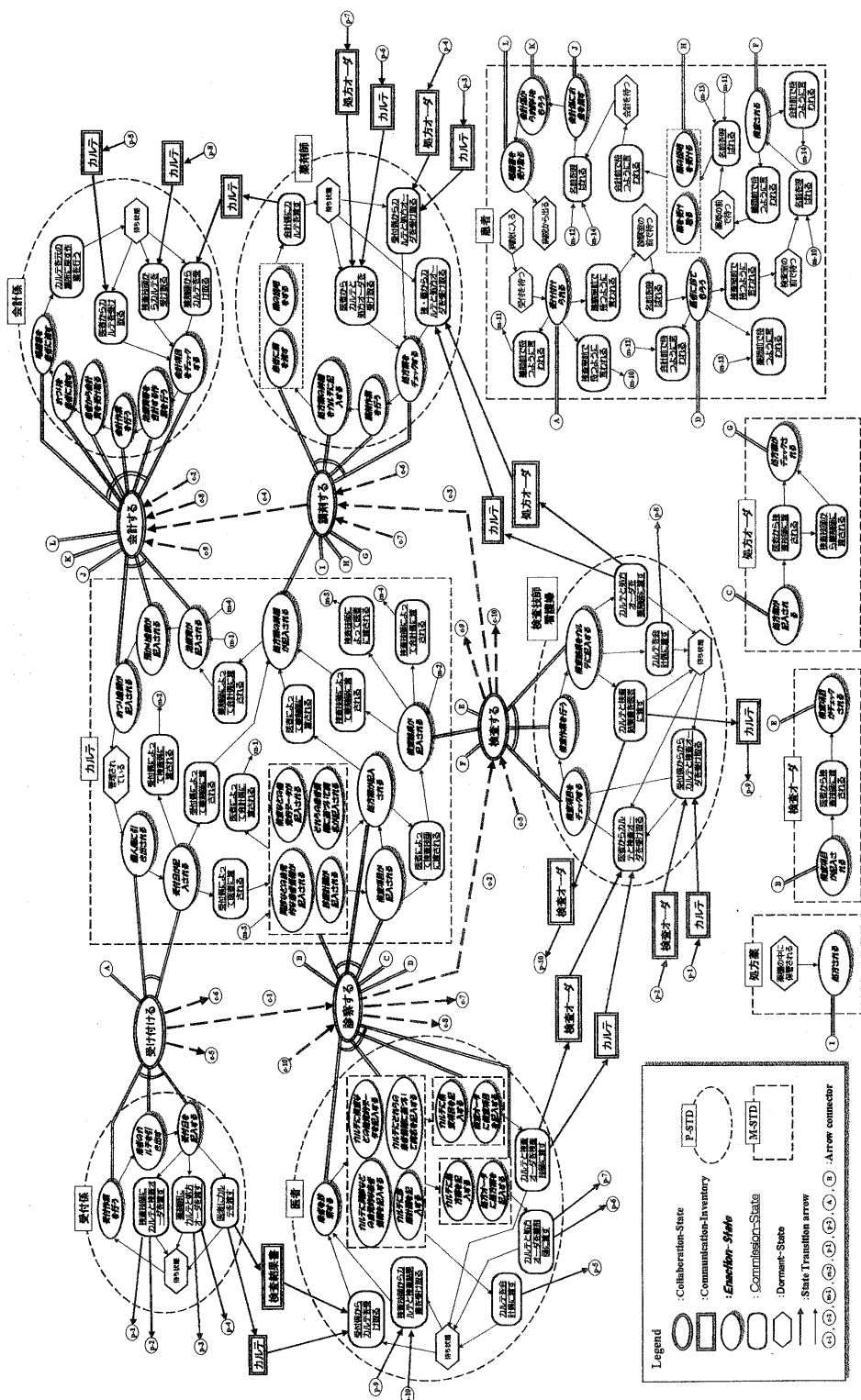


図 5. 医療情報システム CLM