

特 集 「開発されたオントロジー」

問題解決タスクのためのオントロジー

Ontologies for Problem-Solving Tasks

堀 雅洋
Masahiro Hori関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University.
horim@res.kutc.kansai-u.ac.jp, <http://www.res.kutc.kansai-u.ac.jp/~horim/>瀬田 和久
Kazuhisa Seta大阪府立大学総合科学部
College of Integrated Arts and Sciences, Osaka Prefecture University.
seta@mi.cias.osakafu-u.ac.jp, <http://ks.cias.osakafu-u.ac.jp/~seta/>**Keywords:** task ontology, problem solving, ontology awareness.

1. はじめに

人間が行う問題解決活動を支援する枠組みの実現を目指して、対象世界の構造やそれに対する行為、さらに対象世界への働きかけに起因する状態変化を明示的に記述し、オントロジーとして整備する試みが精力的に行われている。多種多様な知識が用いられる高度な問題解決タスクでは、タスクの実行に伴う知識間の相互作用だけでなく、そこに介在する人間と計算機システムとの相互作用も問題解決プロセスの一部として重要な意味をもつ。

タスクオントロジー研究は、そのような問題解決活動の背後にある原理的知識を多面的に明らかにする試みである[溝口 99]。特に、個別の状況に過度に依存することなく知識のあり方（存在の様式）を適切な抽象度と粒度で顕在化させることは、経験によって培われた知識を積み上げて発展させる技術として知識システム構築方法論を確立するための地道ではあるが唯一の方法であるといえる。

さらに、近年のネットワーク環境の高度化に伴い、異種情報統合を伴う複合的な問題解決の重要性が高まっている。そのような状況を踏まえて、本稿では問題解決タスクに関するオントロジー研究の動向について、人間と計算機システムとの円滑なコミュニケーションを目指して行われた取り組みをはじめとして、ビジネスモデリングや協調的学習支援などの多様な視点を盛り込みながら紹介する。

以下、2章ではオントロジーに基づく知識システム開発について、特に専門家からの知識獲得ならびに問題解決知識の再利用を目指して開発されたタスクオントロジーを紹介する。3章では協調的な問題解決におけるエージェント間の相互作用に着目して開発されたオントロジーとして、ビジネスアプリケーション、学習プロセス設計、ならびに協調学習におけるグループ形成に関するタスクオントロジーとその意義について概説する。最後に、現状の研究動向を踏まえて今後の課題について述べる。

2. 問題解決オントロジー

計算機システムによる知識集約的な問題解決では、専門家の概念レベルと計算機上での実装のための記述レベルの差異を意識し解消していくことが、専門家からの知識獲得を容易にするだけでなく、知識の再利用性を高めるためにも重要となる。

2.1 スケジューリングタスクオントロジー

タスク解析インタビューシステム MULTIS [ティヘリノ 93]の研究では、それまでのアドホックな知識システム構築からの脱却を目指して、汎化語彙、汎化プロセス、ビルディングブロックから構成されるタスクオントロジーが提案された。汎化プロセスは対象分野の専門家が認識している最小のアクティビティを表現するもので、汎化語彙における汎化動詞と汎化名詞の組合せによって表される。一方、ビルディングブロックは再利用性の高い問題解決エンジンの部品として用いられるもので、具体的なプログラムコードで記述される。

図1にスケジューリングタスクのための汎化語彙の is-a 階層（一部）を示す。汎化語彙は最上層において汎化動詞、汎化名詞、汎化形容詞、制約関連語彙、ゴールに区分される。特に知識の再利用性を高めるためにタスク概念をドメイン概念から明確に分離することによって組織化されている。汎化動詞は問題解決過程に現れるアクティビティを規定するもので、解の生成、検査、修正という典型的な問題解決の流れを踏まえて抽出されている。一方、汎化名詞にはスケジュールやスケジュールの受け手 (RCP)、スケジュールの資源 (RSC)、スケジュール表現といったスケジューリングタスクに固有の概念が位置づけられている。

図1の右下の枠内に含まれる要員 (Human) や車両 (Vehicle) といった領域概念については当該タスクにおける役割 (タスクロール) を明確にしたうえで、領域依存

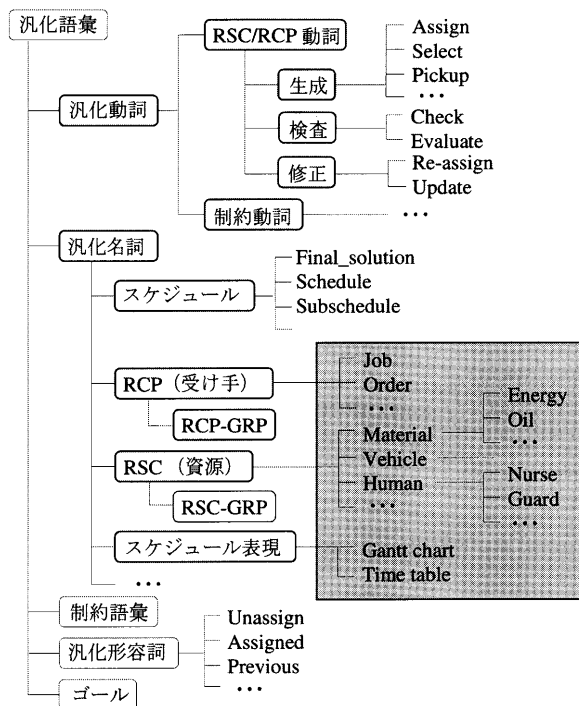


図1 MULTISにおけるスケジューリングのための汎化語彙

のタスク概念として扱う考え方が示された[石川 02]*1。例えば、負荷が均等になるように勤務を要員（看護婦やガードマンなど）に割り付ける要員配置問題では、看護婦やガードマンといった領域概念に対して「負荷」属性をもった RCP 概念としてのロールを明確にすることによって、当該タスクにおける領域概念の本質的な役割が明らかとなる。

汎化動詞と汎化名詞の組合せとして表される汎化プロセス (Pickup-RCP, Select-RSC, Assign-RCP-to-RSC など) は対象分野の専門家に近い概念レベルで記述されたタスク構造の抽象部品である。汎化語彙と汎化プロセスを用いて記述された専門家の問題解決過程は汎化プロセスネットワーク (GPN) と呼ばれる。GPN は問題解決タスクの制御構造を特定の対象分野に依存しない形で表現するもので、例えばスケジューリングにおける問題解決は「生成過程において RCP を取り出し (Pickup) ながら、その RCP に対して適切な RSC を選択 (Select) して割り付ける (Assign)。生成された解は検査過程で検査 (Check) され、不都合があれば修正過程で再割付け (Reassign) される」過程として特徴づけることができる。このような再利用性の高い知識を得ることがタスクオントロジーを整理することの大きな目的の一つであった[ティヘリノ 93]。

問題解決知識を提供する人間とその知識を利用する計算機システムとのコミュニケーションを円滑にするために、人間にとっての記述の容易性を尊重しようとする、

*1 ロール概念については、[石川 02]でタスクロールとドメインロール、また[古崎 02]で part-of 関係によって与えられるロール概念がそれぞれ論じられている。

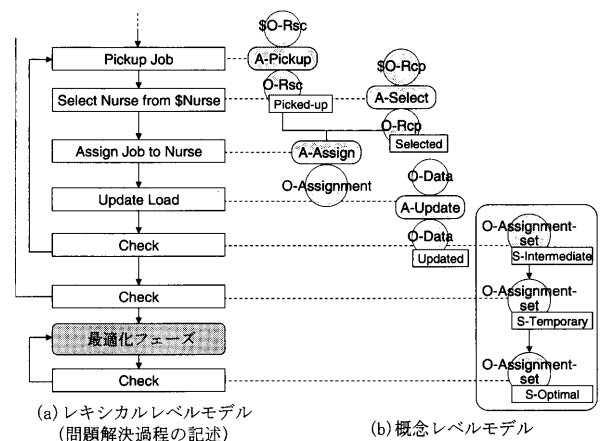


図2 レキシカルレベルモデルと概念レベルモデル

計算機システムにおける操作的意味が曖昧になり実行可能性に不備を伴う恐れがある。MULTIS に引き続いて行われたオントロジーに基づく問題解決モデル構築支援環境 CLEPE[瀬田 98a]の研究では、そのようなジレンマに対処するために MULTIS における汎化語彙をレキシカルレベルオントロジーと概念レベルオントロジーに区分し再構成している[瀬田 98b]。

レキシカルレベルオントロジーは MULTIS で提案された汎化語彙を自然言語としての統語的側面に着目して再構成したもので、エンドユーザによる問題解決知識の記述に用いられる術語の配列ならびに制御フロー構成上の規約 (公理) を与える。概念レベルオントロジーは問題解決の実行に伴う対象世界の状態変化を表現する概念を提供し、問題解決に伴って生成・識別されるオブジェクトの所属性や状態変化、問題解決行為などの操作的意味が概念レベル公理として定義される。

MULTIS のタスクオントロジーでは明確にされていなかった操作的意味を概念レベル公理として明示的に規定することによって、概念レベルモデルにおけるエンティティの同一性だけでなく、概念レベルのエンティティとレキシカルレベルの術語の対応関係も明確となる。

スケジューリング問題 (要員配置問題) における問題解決プロセス (一部) を記述したレキシカルレベルモデル (GPN) と、それに対応する概念レベルの実行モデルを図 2 に示す。図 2 のレキシカルレベルモデルでは、Pickup プロセスに記述された Job と Assign プロセスの Job は異なるエンティティであるのに対して、概念レベルモデルでは同一のジョブ (O-RSC) として扱われることがタスクオントロジーが定める規約に基づいて明らかにされている。さらに、同一の解オブジェクト (O-Assignment-set) の状態が問題解決の実行に伴って「暫定の (S-Temporary)」, 「最適の (S-Optimal)」といった状態に変化していくことも明示的に表現される。

CLEPE では問題解決の実行に伴い「何がどのような作用を受け、結果としてどのような状態になるか」を概念

レベルの実行モデルと公理に基づいてトレースすることができる。この内容をレキシカルレベルの語彙に対応づけて提示する機能は概念レベルシミュレーションと呼ばれ、人間にとって直感的で理解しやすい表現レベルで問題解決システムの振舞いを示すことができる[瀬田 98a]。

知識システム構築におけるタスクオントロジーの考え方は、知識システム構築方法論に関する関連研究においても用いられ、実用レベルのシステム構築を通して実問題に対する有効性も示されている[高岡 95]。欧州において20年以上にわたって取り組まれてきたKADS方法論[元田 94]においても、分類型(分類・診断・監視など)、合成型(設計・計画・スケジューリングなど)それぞれの問題解決タスクについて雛型となる知識モデルが整理され文書化されている[Schreiber 00]。

2.2 生産スケジューリングオントロジー

MULTISでは人員配置、生産スケジューリング、施設利用の割当てなどさまざまなスケジューリング問題に共通する性質がタスクの観点から切り出されている。一方、実際の応用の場では単一タスクが独立で実行されるだけでなく、複数の問題解決タスクが連携する場合も多い。そのような複合的問題解決では既存の情報システムとの連携も含めて問題解決タスクの相互運用性を高めることが重要となる。

生産スケジューリングシステム構築のための問題解決部品ライブラリとして開発されたSCOOP[堀 99]は製造現場への適用を前提とすることによって、対象領域における複数の問題解決タスクを順次連携させながら段階的にシステムを構築する枠組みを実現している*2。

タスク中心のモデル化によるスケジューリング問題の定式化では、割付対象である作業(RCP)を割付先の資源(RSC)に関連づける問題としてモデル化される。生産管理業務への適用を前提としたSCOOPでは資源への作業の割付関係に加えて、生産工程や生産設備といった製造分野に特徴的な問題領域の性質を反映した生産スケジューリングオントロジーが開発された。

生産スケジューリングオントロジー(図3)は生産スケジューリングにおける問題解決タスクの観点から対象領域をモデル化したものであり、そこに含まれる諸概念は資源、生産工程、製品に区分される。例えば、製品については、製品グループ、各製品、および納期や数量の定められた受注単位であるロットからなる。一方、すべてのロットは製品が完成するまでの一連の作業であるジョブを介して生産現場での作業単位であるユニットに関連づけられる。ここで、MULTISにおけるRCPとRCP-GRPは、

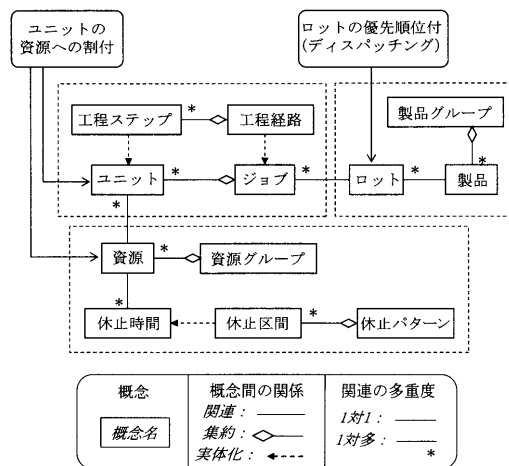


図3 SCOOPにおける生産スケジューリングオントロジー

SCOOPではそれぞれユニット、ジョブと呼ばれている。

SCOOPでは割付けとディスパッチングの2種類の問題解決タスクが提供されるが、これらのタスクの相違点はユニットとロットの関係に着目することによって以下のように説明できる。割付タスクは各作業(ユニット)開始・終了時刻とともに該当する作業で用いられる生産設備(資源)を決定するもので、現場での詳細な作業の実施手順に関わるものである。それに対して、ロットの優先順位を決定するディスパッチングタスクは現場での作業実施手順よりも経営的な判断を伴う大域的な作業指針を策定するものである*3。

生産スケジューリングオントロジーは、再利用対象となる問題解決タスク群だけでなく、問題解決に不可欠なデータを提供する既存の情報システムが相互に連携する前提となる共通の領域構造を与える。例えば、SCOOPは作業実績を集計する仕掛り情報管理システムや、歩留まりデータを提供する欠陥解析システムとオンラインで連携することによって、直近の作業実績に基づく即応的(responsive)スケジューリングを実現している。

さらに、SCOOPではそのような複合的な問題解決に関わるユーザに問題解決の経過を提示するユーザインタフェース部品も提供される。ユーザインタフェース部品としては製造分野において典型的に用いられる2種類のガントチャート(スケジュール表)が提供され、それぞれ製造現場における設備稼働率向上ならびに製品出荷における納期遵守を業務目的とする管理部門のユーザ向けのユーザインタフェースとなっている*4。

CLEPEによって実現された概念レベルの実行トレースは、問題解決の背後にある操作的意味を明示的にすることによって問題解決タスクのデバッグを支援するものであ

*2 SCOOPはIBM社の小型ハードディスク生産管理システムの開発[Hori 98]に用いられるとともに、その設計は製造実施システムOpenMES[川村 99]における工程管理モジュールにも受け継がれている。

*3 先述のロール概念はこの議論を精緻化させる助けとなる。

*4 SCOOPではガントチャートの表示形態がその2種類で十分であることが生産スケジューリングオントロジーに基づいて裏づけられている[Hori 98]。

る。それに対して、SCOOPでは問題解決タスクに間接的に関わる領域概念をオントロジーに取り込むことによって問題解決システムの運用を円滑に支援するためのユーザインタフェース部品を提供している。このように、SCOOPでは(個別の適用事例に過度に依存することなく)対象領域への依存性を顕在化させることによって、複合的な問題解決タスクに関わる既存の情報システムや現場のユーザとの円滑な相互運用を見通し良く行うことが可能となっている。

3. 協調的相互作用に関わるオントロジー

前章では、専門家と計算機システムによる対話的な問題解決プロセスにおける相互作用を規定する問題解決オントロジーについて述べた。本章では、e-ビジネスアプリケーション、学習プロセス設計、協調学習におけるグループ形成の三つの分野においてそれぞれ本質的な意味を有する相互作用に着目し、背後にある原理的知識をオントロジーとして体系化した取組みについて概説する。

3.1 ビジネスタスクオントロジー

ビジネスアプリケーション開発を積極的に支援するには、(1) 企業収益を向上させるビジネスプラン*5をモデル化する抽象度の高い概念レベル、(2) 組織固有のノウハウをワークフローとしてモデル化するレベル、(3) 運用可能なアプリケーションを構築する詳細なレベルといった三つのレベルに対してモデル化を支援する知識体系が必要となる。そのような知識体系に基づいてビジネスプランからe-ビジネスアプリケーションを迅速に開発するには、異なるレベルで整理された知識体系の統合を支援する開発方法論が必要となる。

産業技術総合研究所の和泉らは、e-ビジネスアプリケーション開発のための方法論として、異なる視点で構築された既存のリポジトリ群を再構成して統一的に扱う多

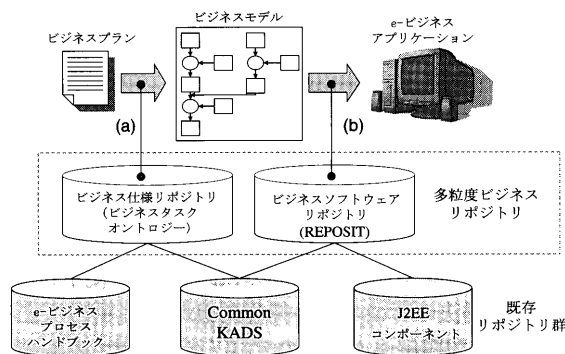


図4 多粒度リポジトリによるe-ビジネスアプリケーション開発

*5 例えば、オンラインブックストアにおいて顧客の利便性を向上させるサービスとして、コンビニエンスストアネットワークを利用した新しい商品配送サービスを提供する。

粒度ビジネスリポジトリ方式を提案している[Izumi 02]。多粒度ビジネスリポジトリ方式では、ビジネス仕様リポジトリに基づいたビジネスプランからビジネスモデルへの展開(図4(a))、さらにビジネスソフトウェアリポジトリに基づいたビジネスモデルからe-ビジネスアプリケーションへの展開(図4(b))がそれぞれ支援される。

多粒度ビジネスリポジトリでは顧客やサプライヤといったエージェント間の相互作用に着目することによって、e-ビジネスにおけるビジネス活動の意味をインタラクションタイプ(図5)として整理している点が特徴的である。その分類に基づいてMITで作成されたe-ビジネスプロセスハンドブック[Herman 03]に含まれるビジネスタスクを再整理することによってビジネス仕様リポジトリを構成するビジネスタスクオントロジー(図6)を定義している。

ビジネス活動の詳細はインタラクションタイプ(図5)における一連のアクティビティに基づいて定義される。例えば、図6に示したDistributorの活動は、購入(Buy)、販売(Sell)、管理(Manage)からなる。それらのアクティビティのうち販売は、customerが商品(product)を受け取り、Distributorが対価(money)を得るという相互作用として定義されている。このようなDistributorの活動はhas-a関係を介してさらに細粒度の活動に分解され、Webサイトへの集客(Attract audience to web site)や、e-ストアでの受注(Obtain order in electronic store)といったe-ビジネス特有の活動に展開される。

このようにして体系化されたビジネスタスクオントロジーにおける最も細粒度の概念は、CommonKADS[Schreiber 00]の推論プリミティブに対応づけることによ

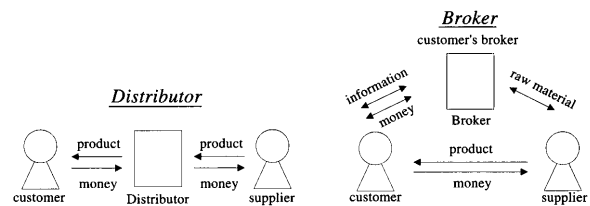
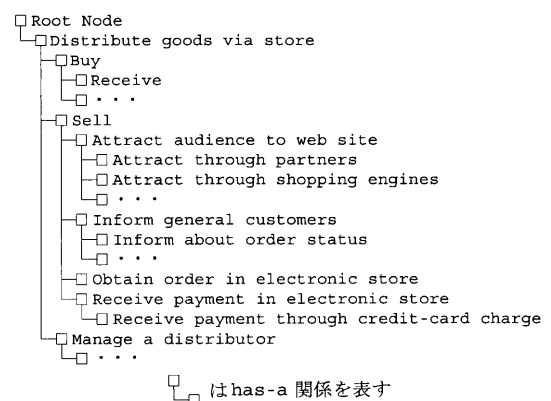


図5 e-ビジネス活動におけるインタラクションタイプ(一部)



□ □ はhas-a関係を表す

図6 ビジネスタスクオントロジー(一部)

って形式的な意味が与えられている。さらに、CommonKADSの推論プリミティブをJ2EEのソフトウェアコンポーネントの連携構造として実装するためにメソッドライブラリ REPOSIT[和泉 99]が用いられる。

このようにエージェント間の相互作用の分類に基づいてビジネスタスクを再構成するとともに、その前提となる細粒度の推論プリミティブを既存のソフトウェアライブラリ(J2EE)のエンティティに対応づけることによって整合性のあるモデル化が行われている。それによって、ビジネスプランの策定からe-ビジネスアプリケーションの実装に至るまでの過程をシームレスに支援する枠組みを実現している。

3.2 学習プロセス設計タスクオントロジー

学習コンテンツの設計者は学習者の知識状態や学習目的を考慮したうえで、学習者に対する教育目的が達成されるまでの理想的な学習プロセスを頭に描きながら学習コンテンツを具現化していく。このような設計プロセスを効果的に支援するには、設計意図を表現するだけでなく、記述したモデルに設計意図が適切に反映されていることを設計者自身が確認できる仕組みを実現する必要がある。

オントロジーに対する理解に基づいてユーザの知的作業を支援するオントロジーアウェアな学習コンテンツ設計環境 iDesigner[林 03]では、電力系統事故復旧訓練を対象にした教材オーサリング環境[金 99]の開発経験に基づき、対象分野に依存しない学習コンテンツ設計のためのタスクオントロジーと設計支援環境が構築されている。

オントロジーアウェアな iDesigner の設計環境では、以下の二つの支援が実現されている。

- (1) 設計者が設計時の意図をモデル化し、学習コンテンツと一緒に記録する。
- (2) 設計意図が適切に学習コンテンツに反映されているかを設計者が確認し、修正できる。

ここで、設計意図とは意図された相互作用、すなわち「学習コンテンツ全体の文脈の中で、どのような状態の学習者に対して、何について、どのような学習効果を期待するか」を明示的に表現したものとして捉えられている。設計意図の理解によってモデル(成果物)の質とその再利用性は向上する。しかしながら、学習コンテンツ設計の成果物は抽象度が高く、これを適切に分節記号化して表現することは容易でない。この問題に対処するために、iDesigner では設計者の意図を段階的に顕在化させる設計モデル(図7)が提案されている。

この設計モデルで最上位に位置づけられる概念レベルでは、学習目的の階層と教授・学習行為構造(学習プロセス)を定義する。次に、オブジェクトレベルでは学習プロセスを具体的な学習オブジェクトに対応づけることによって学習コンテンツの制御構造を規定する。最後にデリバリーレベルにおいて実行環境で動作する学習コンテンツが生成される。

概念レベルでのモデル記述要素となる目的概念の is-a

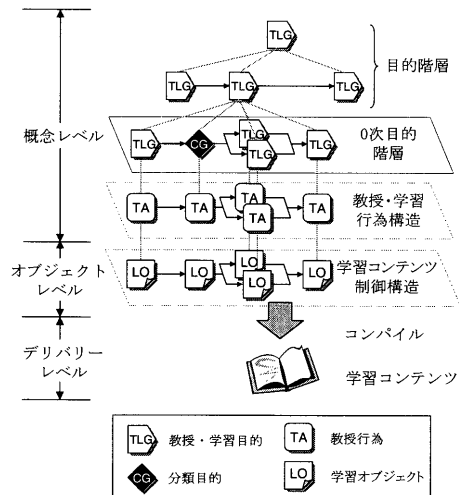


図7 学習プロセスの設計モデル

- | | |
|---------------|-----------|
| 1. 学習支援システム目的 | 3. 一定着させる |
| 2. 一教授・学習目的 | 4. 一... |
| 3. 一認識させる | 3. 一修正させる |
| 4. 一例を認識させる | 4. 一... |
| 5. 一... | 3. 一再認させる |
| 3. 一理解させる | 4. 一... |
| 4. 一例を理解させる | 2. 一分類目的 |
| 4. 一関係を理解させる | 3. 一特定する |
| 5. 一... | 4. 一... |
| 3. 一棄却させる | 3. 一評価する |
| 4. 一... | 4. 一... |
- “一”は is-a 関係, その前の数字は階層

図8 目的の概念定義の is-a 階層 (一部)

階層を図8に示す。図に示された目的概念は、目的が達成された場合の効果とその運用妥当性を判断する運用制約によって定義される。例えば、「棄却させる」の概念定義には、この行為が「当該学習項目に関する長期記憶上の状態が“理解”であるとともにレディネスが“修正”である学習者」に対して実施可能(運用制約)であり、行為の結果として「当該学習項目に関する長期記憶上の状態が“未知”になる」という効果が定義されている。

オントロジーによって定義された意味内容を理解する能力をツールが備えることで、各教授目的に対して設計者が想定した設計意図をツールが読み取り、学習コンテンツに記録することができる。さらに、2章で紹介したCLEPEの研究で提案された概念レベルシミュレーション[瀬田 98b]を学習プロセスの実行に適用することによって、設計意図に対する学習コンテンツの妥当性を概念レベルのモデルと対応づけて(不具合がある場合にはその内容も含めて)可視化することができる。それによって当初の設計意図が学習コンテンツに適切に反映されているかどうかの検証を、学習コンテンツの設計者自身によって行うことが可能となる。

3.3 協調学習グループ形成のためのタスクオントロジー

教育における協調学習グループ形成タスクは、グループ参加者の個人的な学習目的を尊重しながら、全体とし

での目的を達成する合理的な学習グループを形成するタスクである。このタスクの背後にある人間の活動原理を明らかにすることが容易でない理由として、以下の2点が指摘されている[稲葉 00]。一つはグループ構成メンバーである学習者間の相互作用（観察、説明、教え合いなど）を通して得られる学習効果が多様であること、もう一つは学習者個人の学習目的（領域知識の獲得、メタ認知スキルの育成など）を尊重しながらグループ全体として目的を達成する知識の潜在性・暗黙性が高いことである。したがって、合理的な学習グループ形成を効果的に行うには、実践によって裏づけられた学習理論をよりどころとして協調学習に関する知識をオントロジー工学的に分析し明らかにしていく必要がある。

大阪大学の稲葉らは、教育学、心理学、社会学などの関連分野でこれまでに提案された多くの学習理論、協調学習支援システムに関する研究および教育実践報告を広範囲にわたって精査し、学習目的を達成するうえで合理的な相互作用を促す協調学習グループを形成するための原理的知識を協調学習オントロジーとして体系化している[稲葉 99, 稲葉 00, Supnithi 01]。

学習グループ形成において中心的な役割を果たす学習目的のオントロジーは、学習効果とグループ参加者の振舞い、相互作用の関係を捉えるものである。学習目的オントロジーの概念的構成の一般形、すなわちオントロジー階層の最上位概念であるW-goalを図9に示す。図ではグループ全体の目的(W-goal)が「Principal Role (PR)」, 「Secondary Role (SR)」, 「SR <= PR-goal」, 「PR <= SR-goal」の四つの要素から構成されることが表されている。

PRは協調学習グループにおいて中心となる役割を表し、この役割を担う学習者が主要な教育効果を得ることが期待される。SRは、PRを果たす学習者が個人的な学習目的を達成するために相互作用する相手側の役割を表している。SR <= PR-goalはSRと相互作用するPRの目的(Y <= I-goal)を、PR <= SR-goalはPRと相互作用するSRの目的(Y <= I-goal)を表している。さらに、Y <= I-goalは相互作用の主体が担う役割(I)、相

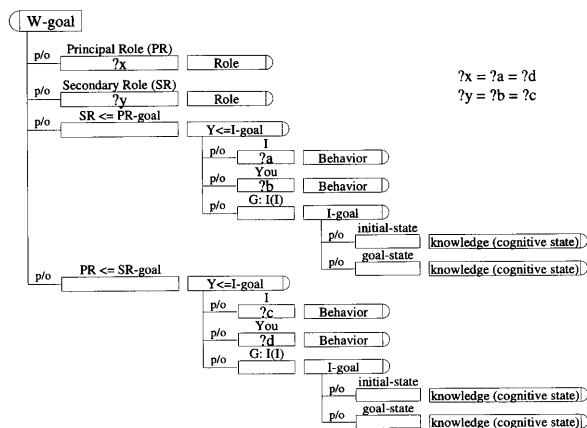


図9 W-goalの概念構成

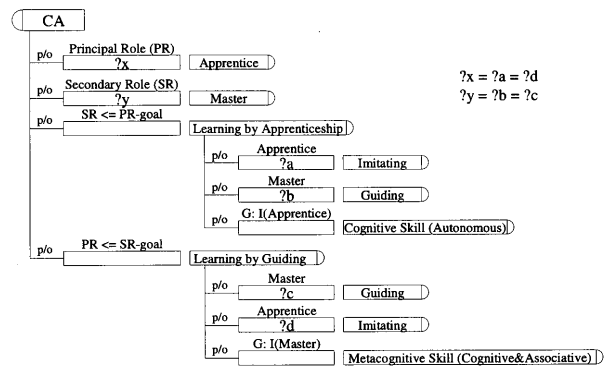


図10 Cognitive Apprenticeshipの概念構成

相互作用する相手側の役割(Y)、役割Iを果たす学習者の個人的な学習目的(G: I (I))から構成されることが表されている。また、I-goalは学習者の知識状態の初期状態(initial-state)とゴール状態(goal-state)から構成される。この概念構成を基本として、学習目的を達成する合理的な学習グループの構成原理が学習理論における実践的な枠組みに基づいて具体化される。

例として、学習理論の一つとして知られている認知的徒弟制(CA: Cognitive Apprenticeship)に関する協調学習目的の概念構成を図10に示す。CAは問題に直面した学習者が他者の問題解決過程を観察するとともに、ガイドを受けながら自ら実践することによって新しいスキルを獲得していくという学習理論である。

CAにおける学習グループはApprentice (PR)とMaster (SR)から構成される(図10)。Apprenticeの役割を担う学習者(?a)がMaster (?b)と相互作用する目的は徒弟的に学ぶ(Learning by Apprenticeship)ことであり、Masterのガイド(Guiding)を受けながら当該スキルを模倣(Imitating)することで、個人的な学習目的である認知スキルの獲得[G:I (Apprentice)]を達成することが定義されている。また、Master (?c)がApprenticeship (?d)と相互作用する目的は、ガイドによる学習(Learning by Guiding)であり、ガイドを通じてメタ認知スキルが育成されることが定義されている。

このように、協調学習グループ形成の原理的知識を学習理論に基づいて体系化することで、暗黙的に仮定される協調学習グループ構成や相互作用の差異が明確となる。それによって、学習理論で保証された合理的な学習グループを構成することが可能となっている。

4. おわりに

専門家からの円滑な知識獲得を目指して行われたスケジューリングタスクオントロジーに関する先駆的な取り組みは、対話的な問題解決プロセスの背後にある操作的意味をオントロジーとして体系化する試みへと発展した。また、ビジネスタスクオントロジーの取り組みではビジネス活

動に関わるエージェント間の相互作用がオントロジーとして明示的に表現された。これらの研究におけるオントロジーの意義は、知識の再利用性や理解容易性の向上にとどまらず、知識システム構築において保守性や拡張性を高めることにもつながる。

さらに、学習プロセス設計ならびに協調学習におけるグループ形成に対する取組みでは、設計意図やタスクの実行によって期待される効果といった問題解決タスクに関するより高度な意味内容がオントロジーとして体系化されている。これら取組みではオントロジーの利用が概念レベルの実行可能性、理解容易性、説明可能性を高めることに貢献する。

ネットワーク環境の高度化に伴い複合的な問題解決の必要性は今後さらに高まると考えられる。異種情報統合を伴う協調的な問題解決に関与するエージェント間の相互作用の背後にある原理的知識を、オントロジー工学の立場から究明し体系的に整理していくことは今後ますます重要となるであろう。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [林 03] 林 雄介, 山崎龍太郎, 池田 満, 溝口理一郎: オントロジーウェアな学習コンテンツ設計環境. 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 1, pp. 195-208 (2003)
- [Herman 03] Herman, G. A. and Malone, T. W.: What is in the process handbook?, T. W. Malone, K. Crowston and G. A. Herman (Eds.), *Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook*, pp. 221-258 (2003)
- [Hori 98] Hori, M. and Yoshida, T.: Domain-oriented library of scheduling methods: design principle and real-life application, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 49, No. 4, pp. 601-626 (1998)
- [堀 99] 堀 雅洋: ドメイン・オントロジーに基づく問題解決メソッド群の組織化—実運用環境への適用と評価—, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 1041-1050 (1999)
- [稲葉 99] 稲葉晶子, 豊田順一: CSCLの背景と研究動向, 教育システム情報学会誌, Vol. 16, No. 3, pp. 111-120 (1999)
- [稲葉 00] 稲葉晶子, Supnithi, T., 池田 満, 溝口理一郎, 豊田順一: 学習理論に基づくグループ形成のための学習目的オントロジー, 電子情報通信学会論文誌 (D-I), Vol. J83-D-1, No. 6, pp. 569-579 (2000)
- [石川 02] 石川誠一, 久保成毅, 古崎晃司, 來村徳信, 溝口理一郎: タスク・ドメインロールに基づくオントロジー構築ガイドシステムの設計と開発, 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 5, pp. 585-597 (2002)
- [和泉 99] 和泉憲明, 丸山 哲, 鈴木淳之, 山口高平: エキスパートシステム構築のための再利用可能メソッドライブラリの設計と実装, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 1061-1071 (1999)
- [Izumi 02] Izumi, N. and Yamaguchi, T.: Integration of heterogeneous repositories based on ontologies for EC applications development, *International Journal of Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 1, No. 1, pp. 77-91 (2002)
- [川村 99] 川村建夫, 岡野 彰, 堀 雅洋, 大谷忠司: CORBAを用いた開放型製造実施システム, 精密工学会誌, Vol. 65, No. 9, pp. 1254-1258 (1999)
- [金 99] 金 来, 林 雄介, 池田 満, 溝口理一郎, 大田 衛, 高岡良行: 訓練システム SmartTrainer 構築用オーサリングツール, 教育システム情報学会誌, Vol. 16, No. 3, pp. 139-148 (1999)
- [古崎 02] 古崎晃司, 來村徳信, 池田 満, 溝口理一郎: 「ロール」および「関係」に関する基礎的考察に基づくオントロジー記述環境の開発, 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 196-208 (2002)
- [溝口 99] 溝口理一郎: オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, pp. 977-988 (1999)
- [元田 94] 元田 浩: 知識ベース再利用へのアプローチ—KADSを中心とした欧州における動向—, 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 1, pp. 10-16 (1994)
- [Schreiber 00] Schreiber, G., Akkermans, H., Anjewierden, A., de Hoog, R., Shadbolt, N., Van de Velde, W. and Wielinga, B.: *Knowledge Engineering and Management — The Common-KADS Methodology*, The MIT Press, Cambridge, MA (2000)
- [瀬田 98a] 瀬田和久, 池田 満, 島 輝行, 角所 収, 溝口理一郎: 問題解決オントロジーに基づく概念レベルプログラミング環境 CLEPE, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-II, No. 9, pp. 2168-2180 (1998)
- [瀬田 98b] 瀬田和久, 池田 満, 角所 収, 溝口理一郎: 問題解決オントロジーの構成—スケジューリングタスクオントロジーを例にして—, 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 4, pp. 597-608 (1998)
- [Supnithi 01] Supnithi, T., 稲葉晶子, 池田 満, 豊田順一, 溝口理一郎: 動的学習グループ構成機能を備えた協調学習支援システムの開発—協調学習教材オーサリングツールとグループ形成メカニズム—, 教育システム情報学会誌, Vol. 18, No. 1, pp. 101-110 (2001)
- [高岡 95] 高岡良行, 広部健治, 溝口理一郎: 再利用可能知識ベースの構築—変電所事故復旧問題を例にして—, 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 5, pp. 786-797 (1995)
- [ティヘリノ 93] ジュリ・A・ティヘリノ, 池田 満, 北橋忠宏, 溝口理一郎: タスクオントロジーと知識再利用に基づくエキスパートシステム構築方法論—タスクインタビューシステム MULTIS の基本思想—, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 4, pp. 476-487 (1993)

2003年12月28日 受理

著 者 紹 介

堀 雅洋 (正会員)



1989年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程情報工学専攻修了。工学博士。同年より日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所勤務。2003年より関西大学総合情報学部教授。メタデータに基づくWebコンテンツ適応、モデル駆動ソフトウェア開発手法の研究に従事。1992年度、1997年度人工知能学会研究奨励賞受賞。2002年度情報処理学会オブジェクト指向シンポジウム優秀賞受賞。W3C Web Ontology WG メンバー。情報処理学会会員。

瀬田 和久



1998年大阪大学大学院工学研究科博士課程電子工学専攻修了。博士(工学)。同年、大阪大学産業科学研究研究所助手。2000年大阪府立大学総合科学部助手。2002年同講師。オントロジー工学、学習支援システムに関する研究に従事。情報処理学会、教育システム情報学会、電子情報通信学会各会員。