

実体・関連モデルへの意味的制約の統合と PCTE データモデルへの展開

沢田 篤史 鯉坂 恒夫 松本 吉弘

京都大学工学部情報工学教室

実体・関連モデルによる情報構造の分析・設計において、情報の間の意味的制約を明示的に表現することは、モデルの曖昧性の軽減や再利用性の向上といった面からも有効であると考えられる。

本稿では、実体・関連モデルの構成要素の間に成立する意味的制約について分類・抽出し、それらを統合したデータモデルについて考察する。また、このデータモデルがソフトウェアリポジトリの国際標準である PCTE (Portable Common Tool Environment) のデータモデル上でどのように実現されるかについての検討を行い、PCTE に必要とされる制約管理機能について考察する。さらに、情報構造分析過程において可能となる計算機支援の可能性についての検討も行う。

Toward the PCTE Framework for Managing Semantic Constraints on the Entity-Relationship Model

SAWADA Atsushi AJISAKA Tsuneo MATSUMOTO Yoshihiro

Department of Information Science, Faculty of Engineering,
Kyoto University, Yoshida honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-01, JAPAN

In early stages of data analysis and design, explicit descriptions of semantic constraints may enhance concreteness and re-usability of the designed data model.

In this paper, we propose a data model which allows semantic constraints to be explicitly defined among its elements. First, we extracted and classified semantic constraints in the Entity-Relationship model. Based on this classification, we next discuss how these constraints are realized using the software repository PCTE (Portable Common Tool Environment). We also identify additional facilities which are required to build a constraint management framework on PCTE.

1 はじめに

情報構造をモデル化するための道具として、ソフトウェア開発方法論の多くは、実体・関連モデル [1] (Entity-Relationship Model: E-Rモデル) を採用している。しかしながら、E-Rモデルを用いたデータ分析のための指針は確立しておらず、作業者の経験や判断がデータモデル、すなわちプロダクトの品質に影響を与えることとなる。

本研究は、E-Rモデルを用いて記述されたデータモデルにおいて、データ要素間の意味的制約を明示的に記述し管理する枠組を提案し、それをソフトウェアリポジトリ PCTE (Portable Common Tool Environment) [2, 3] のサービスとして実現することを目的とする。

以下、2節では PCTE の概説を行い、ツール開発上の問題点を指摘する。3節では、E-Rモデル上の意味的制約について検討する。次いで、4節では、これらの制約を PCTE のデータモデル上にどのように対応付けるかについて考察し、5節で本稿のまとめをする。

2 PCTE を用いたデータモデリング

2.1 PCTE 概説

PCTE は、開放型リポジトリのための共通ツールインタフェースの標準であり、CASEツールの可搬性の保証と高度なデータ統合を実現することを主な目的として設計されている。

オブジェクト管理システム: PCTE の定めるサービスのうち、最も重要なリポジトリサービスは、オブジェクト管理システム (OMS: Object Management System) によって提供される。OMS は、オブジェクトベースとそれに対する基本操作から構成される。

図1にオブジェクトベースがどのように構成されるかを示す。オブジェクト (灰色の円) は、すべての操作の対象となるデータであり、数、文字列などの値を持つ属性 (点線の長方形) が関連付けられる。二つのオブジェクトをリンク (矢

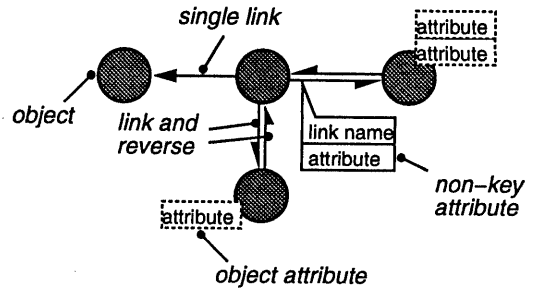


図1: オブジェクトベース上のデータ

印) によって連結することができる。リンクにも属性 (長方形) を関連付けることができる。

SDS と作業スキーマ: オブジェクトベースに格納されるデータは、それぞれに共通の性質を定める型と関連付けられる。ツールの目的に応じて定義された一連の型は、スキーマ定義集合 (SDS: Schema Definition Set) としてまとめられ、ツールのデータモデルを構成する作業スキーマ (Working Schema) の要素となる。

SDS の例を図2に示す。オブジェクト型 (長

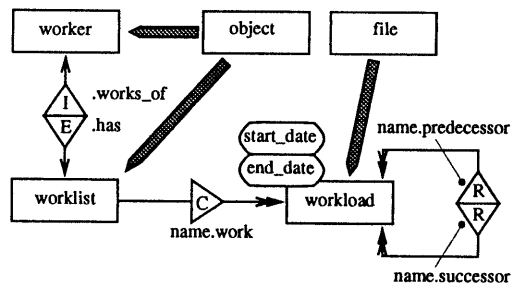


図2: SDS の例 (工程管理)

方形) の間には継承関係 (灰色の矢印) が定義される。属性型 (長円形) は、オブジェクトあるいはリンクに適用される属性の型を示す。リンク型 (三角形) は、オブジェクト間に存在する関係を示す型である。内部の文字はリンクのカテゴリ

りであり、C: 構成, E: 存在, R: 参照, I: 暗示, D: 指示が定められている。その性質は、構成特性、存在特性、参照完全性、始点依存性というリンク特性の組み合わせで決定される。また、オブジェクトから流出可能なリンク数をカージナリティ範囲として指定できる。

2.2 PCTE を用いたツール開発

PCTE を用いたツール開発では、ツールの扱うデータモデルを決める SDS の設計と、それに基づいたプログラム論理の設計からなるといえる [4]。しかしながら、SDS は純粋な E-R モデルを拡張し、意味的制約を内在させたものであるため、ある設計判断によって SDS 上に実現される制約が、仕様を反映したものであるかが不明確となる。また、PCTE のシステム上にツールを実現させるために SDS が満たさなければならない条件が存在し、SDS 設計の判断理由が不明確になるという問題も挙げられる。

また PCTE では、データ間の意味的な制約を明示的に記述し、管理する枠組が定められていない。このため、プログラム論理の設計段階において、個々の制約を管理するためのプログラム開発に大きな負担がかかることになる。

一般にこのような問題に対して、分析段階におけるデータモデルに関する意味的制約の明示的な記述・管理の必要性が指摘されている [5]。PCTE 上のツール開発においても、純粋な E-R モデルによるデータ記述と意味的制約の記述とから、SDS を導き出す方法が必要となろう。

3 E-R モデル上の意味的制約

本節では、[1] による E-R モデルの記述に基づき、意味的制約を抽出する。以下の考察では E-R モデルを二実体・関連モデルに限定している。多実体・関連モデルへの拡張については 3.6 節で簡単に触れる。また、[1] では写像として定式化されている属性を、以下では実体あるいは関連の持つ性質としてとらえる。これによって、意味的制約を、1) 実体集合に対す

る制約、2) 関連集合に対する制約、3) 実体集合間の制約、4) 実体集合と関連集合の間の制約、5) 関連集合間の制約という五つに分類して考えることができる。

3.1 実体集合に対する制約

実体には、属性値が性質として付与されており、実体集合の要素(インスタンス)数の情報と合わせて、以下の制約を考えることができる。

インスタンス数に関する制約: 存在する実体の総インスタンス数を制限するものである。上限と下限の値を指定することにより記述される。

属性値と実体の対応づけに関する制約: 一つの属性値に対する実体の対応づけに関する制約であり、一つの属性値が多くとも n 個の実体にしか付与されない、という形式で与えられる。 $n = 1$ の時、属性値が実体の識別子となる。

属性の値域が列挙などによって示された有限集合である場合には、一つの属性値が少なくとも n 個の実体に付与されるという制約を考えることができる。

属性値間の制約: 同一の実体集合に付与された属性値の間に成立する等式などの数式を用いて表現される制約である。

3.2 関連集合に対する制約

関連には、属性値とその両端(始点・終点)をなす実体とが性質として付与されているので、以下の制約を考えることができる。

インスタンス数に関する制約: 存在しうる関連の総インスタンス数を制限するものである。上限と下限の値を指定することにより記述される。

属性値と関連の対応づけに関する制約: 一つの属性値と関連の対応づけに関するものであり、前項に挙げた属性値と実体の対応づけに関するものと同様の議論ができる。

属性値間の制約: 同一の関連集合に付与された属性値の間に成立する数式を用いて表現される制約である。

始点・終点をなす実体集合の間の制約: 以下の四つの場合が考えられる。

1. 始点と終点を持つ属性値間の制約:
数式により指定される。
2. 始点・終点の包含関係:
一致, 包含, 分離, 非分離のいずれか。
3. 始点・終点の存在依存性:
終点インスタンスの存在には, 始点の存在が前提となる。
4. 始点と終点の構成関係:
始点インスタンスは終点インスタンスを要素とする。前述の存在依存性も持つ。

3.3 実体集合間の制約

実体集合間の制約は関連集合の制約としてモデル化されるため, ここに分類される制約は存在しない。実体集合の間に制約が存在することは, その間に何らかの意味的な関連が存在することに相当し, E-R モデルにもその関連が反映されなければならない。

3.4 実体集合と関連集合の間の制約

実体集合に関連集合が連結されている場合, その連結関係を持つ性質として, 実体インスタンスに連結される関連インスタンスの存在・数に関する情報が考えられる。これらの情報と, 実体, 関連の持つ属性値とを合わせて, 以下の制約を考えることができる。

実体に対する関連の存在・数に関する制約: 一つの実体に対する関連の存在や関連の数に関する制約である。一つの実体に対して, 多くとも u 個の関連しか存在しないという上限と, 少なくとも l 個の関連が存在するという下限との組合せによって指定される。

実体属性値と関連の存在・数との間の制約: ある実体に対する関連の存在や数が, その実体の持つ属性値によって決定されるという制約である。前述の上限, 下限と実体属性値との間の数式によって指定される。

実体属性値と関連属性値との間の制約: 実体集合と関連集合に付与された属性値の間に成立する数式を用いて表現される制約である。

3.5 関連集合間の制約

実体集合に関連集合が連結されていることは, 実体集合の持つ性質であると考えられる。このため, 関連集合間に存在する制約は, それらがともに同一の実体集合に連結されている (図 3 A) 場合, あるいは別の関連集合によって関係付けられた二つの実体集合にそれぞれが連結されている (図 3 B) 場合に考えることができる。前者の特別な場合として, 二つの関連インスタンスが, と同じ実体の対を関連付ける場合のみ (図 3 C) 成り立つという条件が考えられる。こ

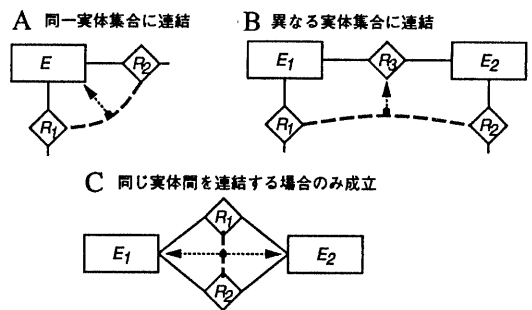


図 3: 関連集合間の制約

れら三つの場合いずれに関しても, 以下の制約が考えられる。

関連の存在・数の間の制約: ある関連の存在や数が, 別の関連の存在や数によって決定されるという制約である。一般的には, 関連の上限や下限の間の数式として指定される。関連の存在

条件には、和(どちらか一方、あるいは両方が存在する)、積(両方が必ず存在する)、排他(どちらか一方が存在し、同時には存在しない)、存在依存(一方の存在には他方の存在が前提となる)の四つが考えられる。

関連属性値と関連の存在・数との間の制約: ある関連の存在や数が、別の関連の持つ属性値によって決定されるという制約である。一般的には、関連の上限や下限と関連属性との間の数式として指定される。

関連属性値の間の制約: 異なる関連集合に付与された属性値の間に成立する数式を用いて表現される制約である。

3.6 多実体・関連モデルへの対応

多実体間の関連を二実体間の関連で表現するには、関連するすべての実体集合の間にもれなく二項の関連集合を定義し、それらの間に3.5節で示した積の存在制約を定義すれば良い。

これまでの制約に関する議論では、基本的に二つのモデル要素の間に考えられる制約を対象としている。多実体・関連モデル上の制約には、三つ以上のモデル要素に渡る制約も考えられる。これらの制約の中には、二つのモデル要素間の制約の組合せでは表現できないものがある。二実体・関連モデルにおける二つの要素間の制約のモデルを用いる限り、このような制約の管理はツールの論理に任せなければならない。

4 PCTE データモデルへの展開

これまでに述べた E-R モデル上の意味的制約が PCTE を用いてどのように表現できるかについて、以下に考察する。PCTE 上の制約管理ツールに関しては、すでに示されている [6] が、本節の議論は、既存の処理系を改良するための指針を与えるものとなる。

E-R モデルの実体集合と関連集合は、それぞれ SDS のオブジェクト型と関係型(リンク型)型に対応する。また、実体集合や関連集合に与

えられた属性は、PCTE では属性型として表現される。

4.1 実体集合に対する制約

インスタンス数に関するもの、属性値と実体の対応づけに関するもの、属性値間に成立するもの、これらはいずれも SDS で表現することができない。

4.2 関連集合に対する制約

インスタンス数に関するもの、属性値と関連の対応づけに関するもの、属性値間に成立するものに関しては SDS を用いて表現できない。ただし、属性値との対応づけに関するもののうち、属性値が関連の識別子となるという制約に関しては、関連に対応するリンク型のキー属性型を用いることによってモデル化できる。

また、始点・終点をなす実体集合の間の制約のうち、包含関係(2)の一致と包含の制約に関してはオブジェクト型の継承関係を用いて表現ができる。また、存在依存性(3)についてはリンク型に存在特性を付与することによって、構成関係(4)についてはリンク型に構成特性を付与することによって、それぞれモデル化できる。

4.3 実体集合と関連集合の間の制約

関連の存在・数に関する制約は、対応するリンク型のカージナリティ範囲を用いてモデル化可能である。それ以外の、実体属性値と関連の存在・数の間に成立するもの、実体属性値と関連属性値の間に成立するものに関しては、SDS ではモデル化できない。

4.4 関連集合間の制約

関連属性値と関連の存在・数との間に成立するもの、関連属性値の間に成立するもの、これらはいずれも SDS で表現することができない。

4.5 制約管理機構の実現に向けて

PCTE データモデルで表現できない制約に関しては、明示的に記述し、管理する枠組が必要となる。対象となる制約は以下の通りである。

1. オブジェクト、リンクの総数
2. 属性とオブジェクト、リンク間の対応
3. 属性間の数式による制約
4. オブジェクト型間の分離、非分離関係
5. カージナリティ範囲と属性の間の数式
6. リンク間のカージナリティ範囲と存在条件

制約管理機構には、これらに対する制約記述を PCTE データ型と関連づけて保持し、インスタンスに対する操作の度にその充足が検査する機能が要求される。また、制約の非充足時には指定された矛盾回避方式に基づき制約の充足を保証する機能が要求されるため、この矛盾回避方式を記述するための枠組も必要となる。

5 おわりに

本稿では、E-R モデルに意味的制約を統合した高度なモデルを構築することを目的に、意味的制約を抽出・分類した。この分類結果を用いることで、E-R モデルを用いて設計されたデータ構造記述に対して、可能な意味的制約を列挙し、制約記述を計算機で支援することが可能となる。

また本稿では、これらの制約が PCTE データモデル上どのように展開されるかについて考察し、PCTE を用いて表現できない制約を管理するために、どのような制約管理機構が必要かについて考察した。この結果、制約付きの E-R モデルを、SDS と制約記述とに自動的に変換するツールの提供が可能となる。

これら一連の設計支援ツールの整備し、制約管理機構の実現を行うことで、制約付き SDS 記述から C++ プログラムの生成を行う既存のツール [7, 8] との関係によって、PCTE 上でのツール開発を目的とした統合 CASE 環境の提供が可能となる。

参考文献

- [1] Chen, P. P.-S.: "The Entity Relationship Model — Toward a Unified View of Data," *ACM Trans. Database Syst.*, Vol. 1, No. 1, pp. 9-36 (1976).
- [2] European Computer Manufacturers Association: *Portable Common Tool Environment (PCTE) Abstract Specification*, Standard ECMA-149 (1993).
- [3] Wakeman, L. and Jowett, J.: *PCTE The Standard for Open Repositories*, p. 262, Prentice Hall (1993).
- [4] 鯉坂 恒夫, 沢田 篤史, 満田 成紀: "ソフトウェア評論: Emeraude PCTE," *コンピュータソフトウェア*, Vol. 10, No. 2, pp. 65-77 (1993).
- [5] Van Baelen, S., Lewi, J., Steegmans, E. and Swennen, B.: "Constraints in Object-Oriented Analysis," *Proc. International Symposium on Object Technologies for Advanced Software*, Kanazawa, pp. 393-407 (1993).
- [6] Sawada, A., Mitsuda, N., Ajisaka, T. and Matsumoto, Y.: "Utilities for Avoiding Constraints Violation in Creating and Updating the Data in PCTE," *Proc. PCTE '93 Conference*, Paris, pp. 93-113 (1993).
- [7] 満田 成紀, 沢田 篤史, 鯉坂 恒夫, 松本 吉弘: "PCTE スキーマから導出されるデータ操作プログラムについて," *情報処理学会研究報告*, Vol. 94, No. 6, 94-SE-96-4, 鹿児島, pp. 17-24 (1994).
- [8] Sawada, A., Mitsuda, N., Ajisaka, T. and Matsumoto, Y.: "Generating Data Access Programs from PCTE Schemas with Constraints," *Proc. APSEC '94 Conference*, Tokyo, pp. 298-307 (1994).