

要 旨

本研究ではスケジューリング問題のモデル・ベースを構築することを目的として、汎実体-関連アプローチを援用してモデルを記述するデータの構造分析を扱う。その結果、モデル・ベースと従来のデータ・ベースとの統合が可能なことを示し、モデル・データの構造を明らかにし、モデル・データで問題型を記述する方法を示した。

1. はじめに

モデル・ベースを構築するには、一定のアプローチに基づいて、適当な記号と記号構造で多様かつ複雑な現実の世界内の対象や現象を表現するとともに、表されるべき現実の世界の諸事象の分類と体系化が必要である。本研究ではスケジューリング問題解決の支援システムの1要素としてスケジューリング問題のモデル・ベースを構築することを目的として、スケジューリング問題の相互関係を構造化するために、関口(1994)が提案した汎実体-関連アプローチを援用してモデルを記述するデータの構造分析を扱う。

汎実体-関連アプローチによる問題記述の特徴としては、次のような諸点が挙げられる。

(1) 現実世界において、問題を構成する要素を実体、実体間の関係を関連として扱い、問題型の記述はこれらを抽象化した汎実体(関連)型によって行うので、実際との対応が簡単で、問題型の構成要素が変化しても、柔軟に対応することが可能である。

(2) 実体型や関連型の属性をクラス属性とインスタンス属性に分類することによって、モデル・ベースとデータ・ベースを明示的に分割できる。

(3) 汎実体型、汎関連型、クラス属性、インスタンス属性、汎システム型などを適切に定義することによって、問題の分解、組立、要素の相互関係の分析などが容易にできる。

2. 問題型の決定要因

汎実体-関連アプローチを基本にして考えると、問題型の決定要因は次の3つと考えられる。従って、モデル・データ分析はこの3つの側面に着目して行う。

(1) 汎実体型、汎関連型：問題型の決定はそれに含まれる実体型や関連型などに依存する。一般に、複雑な問題はある基本問題に、実際の要求に応じて、新しい汎実体型や汎関連型を追加することで構成される。例えば、仕事の先行関係は仕事間の汎関連型

として定義できる。

(2) クラス属性：問題を構成する汎実体型や汎関連型などが決まれば、さらにそれらのクラス属性を絞り込む。例えば、汎実体型としての仕事のクラス属性には工程数、同時に占有する機械数、納期の特性、重み、発注時期などがある。各クラス属性はその値のドメインを持っている。工程数のドメインは、1, 2, 3, 3以上、可変の4つの値の集合と考えられる。クラス属性の値として、そのドメイン内から1つの値を決めれば、このクラス属性で記述された汎実体(関連)型の1つのインスタンスとして実体(関連)型が決められる。

(3) 評価基準：評価基準は、問題型の決定要因の一つであり、クラス属性の1つと見なす。しかし、これは汎実体型や汎関連型のクラス属性と違って、問題構成の全体に関わる要因である。評価関数に使われる滞留期間や納期ずれや納期遅れなどは、そのドメインの要素であるが、同時に、問題例に対して値が定まるという意味で、インスタンス属性とも考えられる。さらに、評価関数の値は順序に依存する。評価基準が変われば、問題型も変わる。

3. クラス属性の構造分析

問題型の記述は汎型の組合せと各汎型のクラス属性によって実現する。これらのデータはモデルを構築する基盤なので、それをモデル・データという。

データ本来の性質として、一方のデータが定まるとそれに依存して他方も定まるような関係を従属と呼ぶ。クラス属性は汎実体型や汎関連型に従属する。クラス属性は異なるレベルに分けられる場合がある。例えば、表1のように、汎仕事型と汎機械型の汎関連型と見ることができる汎作業型のクラス属性であ

表1 作 業

クラス属性		ドメイン
処理時間	データ特性	確定的, 不確定的, 確率的
	変域	同一, 非負, 無制限
処理条件		優先無し, 優先

る処理時間は、さらにデータ特性と取りうる値の変域に分けることが可能である。このようなクラス属性は従属関係があるということが出来る。このような関係は図2のように木構造を持つ。

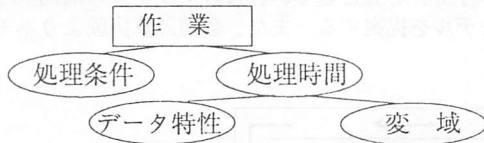


図1：従属関係の木構造

ある問題型を表現するには、そこに含まれる各汎型の最下層のクラス属性に特定の値を指定する。この意味で、最も下のレベルのクラス属性間には並列関係がある。

問題型を記述するとき、1つのクラス属性はドメインに含まれる任意の値を取りうるが、その中の1つの値だけを取ることが出来る。このことをクラス属性の値の間には排他的関係があるという。

上述のようにモデル・データは、クラス属性の間には従属関係、並列関係、クラス属性の最下層レベルの値の間には排他的関係を持っている。そこで、クラス属性を並列関係、従属関係、排他関係によって構造化すれば、モデル・ベースの構築と型判別を容易にすると思われる。

4. モデル・データによる問題型の表現

問題型を表現するとき、E, R, Fという3種類のフィルードを使う。Eは汎実体型の集合、Rは汎関連型の集合、Fは評価基準の集合を表す。

クラス属性の集合をA, 汎実体型のクラス属性の集合を A^E , 汎関連型のクラス属性の集合を A^R , クラス属性の値をa, クラス属性のドメインをDとすれば、例として、汎実体型である仕事のクラス属性の納期 A_d^J のドメインは $D(A_d^J) = \{\text{無制限, 確定的, 不確定的, 確率的}\}$ である。

問題型を記述するとき、汎実体型と汎関連型に関して言えば、クラス属性の並列関係によってクラス属性の直積で表せる。従属関係によって木構造を持っているクラス属性には「*」を付ける。もし「*」を付けるクラス属性があれば、そのクラス属性はさらに分解しなければならない。クラス属性のドメインの直積集合をUとすれば、例えば、表1の作業のクラス属性の組合せ集合は次のように表現できる。

$$\begin{aligned}
 U(A^0) &= U(\text{pro_cond}, * \text{pro_t}) \\
 &= D(\text{pro_cond}) \times U(* \text{pro_t}) \\
 &= D(\text{pro_cond}) \times U(\text{pro_t_ch}, \text{pro_t_d}) \\
 &= D(\text{pro_cond}) \times D(\text{pro_t_ch}) \times D(\text{pro_t_d})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \{(a_1^0, a_2^0, a_3^0) \mid a_1^0 \in D(\text{pro_cond}), \\
 &\quad a_2^0 \in D(\text{pro_t_ch}), a_3^0 \in D(\text{pro_t_d})\}
 \end{aligned}$$

特殊なクラス属性である評価基準集合Fの構成要素は各種の目標関数である。すなわち、

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$$

問題型の構成に使われる評価基準は1つのことも、多種類が同時に使われることもある。このことはFのべき集合で表せる。Fのべき集合を $P(F)$ とし、DRFという3つのフィルードに決められる領域の全体をWとすれば、

$$W = U(A^E, A^R) \times P(F) = U(A^E) \times U(A^R) \times P(F)$$

となる。スケジューリング問題としては現実の条件に制限されるので、Wのわずか一部分が意味を持つ。

ここまでで、クラス属性によって記述されたモデル・データをERFという3つのフィルードで表現できるようになった。例えば、二機械フローショップ問題型の記述は、汎実体型の仕事、機械と汎関連型の作業、ルーチング、中間倉庫のそれぞれのクラス属性及び評価基準によって決定される問題型の領域

$$U(A^{\text{Job}}, A^{\text{Machine}}, A^{\text{Operation}}, A^{\text{Routing}}, A^{\text{Buffer}}) \times P(F)$$

から実際に応じて、適当なクラス属性の値を取って構成される。

問題型は従来は機械、仕事、技術や管理に関する制約、評価基準などの特徴を通して表現された(Pinedo, 1995)。これらの特徴は汎実体-関連型アプローチにおけるクラス属性の値に相当する。従って、既存のものを含む非常に広範囲の問題型が本研究の方法で表すことができると考えられる。

5. おわりに

本研究の分析によって、次のような結果が得られた。

- 汎実体-関連アプローチによる問題型の記述により、モデル・ベースと従来のデータ・ベースとの統合が可能であることを示した。
- モデル・データの構造を明らかにした。
- モデル・データで問題型を記述する方法を示した。

参考文献

1. Pinedo, M., (1995). Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. Columbia University.
2. 関口 恭毅 (1994)「順序づけ問題の記述のための汎実体-関連アプローチの開発と検討」, 北海道大学経済学部ディスカッション・ペーパー, シリーズB, No. 12.