

階層表モデルの上位生産計画問題への適用

3M-6

椎名 茂 吉川 昌澄 山之内 徹

NEC C&C メディア研究所

1 はじめに

上位生産計画とは、資材調達、設備調達、または生産実施計画の基準となるもので、その役割はますます重要になっており、システム開発も盛んに行われてきている[1]。上位生産計画問題では、計画を製品、部品の品種グループ毎の数量で管理することが多く、計画表の形式としては階層表が広く一般的に用いられている。階層表とは、縦軸と横軸のヘッダー部(表の項目部分)が階層構造をしている表のことである。

本稿では、階層表モデルとして階層表のデータモデルと処理モデルを提案する。また、階層表モデルを実際の上位生産計画問題へ適用した例について報告する。

2 階層表モデル

ここでは階層表のデータモデルと、階層表のデータに対する繰り返し処理を実現する処理モデルを提案する。

2.1 データモデル

以下では一般的に用いられている二次元の階層表について述べる。二次元の階層表は縦軸のヘッダー部と横軸のヘッダー部を持ち、それぞれのヘッダー部は階層構造をしている。また、データ部として二次元配列を持つ。ヘッダー部は複数の表項目 (TableKey) から構成され、表項目は文字列のリストで構築されている。二次元の階層表の例を図1の階層表に示す。

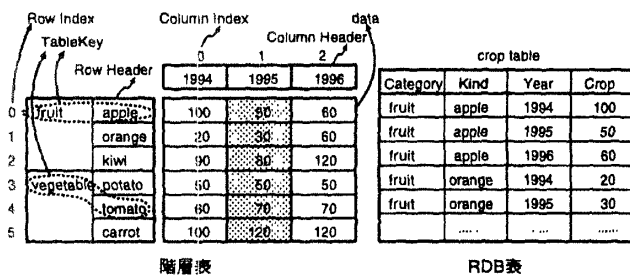


図 1: 階層表と RDB 表

次に階層表のデータモデルの表現力を関係データベース (RDB)[2] の RDB 表との比較により説明する。

RDB 表のデータのキーである項目をヘッダー部に配置し、キー以外の項目をデータ部に配置する。もしキー以外の項目が 2 つ以上ある場合、それらの項目を縦軸も

しくは横軸のヘッダー部の最下段に繰り返し配置することにより、全ての RDB 表は階層表に置き換えることができる(図1)。また、RDB 表ならば通常複数の表が必要とされるデータにおいても、一つの階層表で表現することが可能である。例えば、図1の RDB 表に Category 別の total のデータを表示する場合、RDB 表では図2のように別の表 (total table) が必要となるが、階層表では同一の表で表現することが可能である。

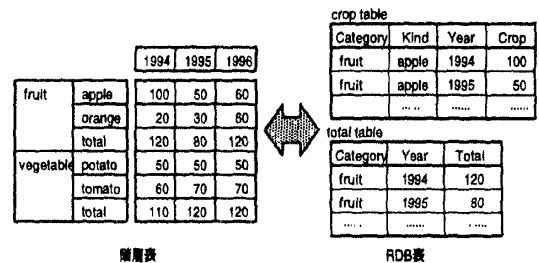


図 2: total 項目をもつ階層表と RDB 表

図1の階層表と RDB 表は全く同じデータを表示するものであるが、RDB 表は同じ項目、1994、1995、1996 などが繰り返し存在することになる。その結果、表示領域として階層表の 33 セルに対し、RDB 表では 72 セルが必要となっている。階層表ではキーとなる項目をヘッダー部に配置することにより項目の冗長性を排除するため、RDB 表と同じデータをより少ない領域で表示することが可能であり、より視認性が高いデータ表現を実現している。

2.2 処理モデル

階層表のデータに対する繰り返し処理を実現するために、階層表に条件ループ処理モデルを導入する。この条件ループ処理モデルには表項目の 2 種類のワイルドカードが利用できる。ワイルドカードには、表項目内の 1 つの文字列のワイルドカードである「?」と、複数の文字列のワイルドカードである「\*」がある。図3の記述では図1の階層表の網掛け部のセルを順次アクセスしていき (1)、セルの値 (cellValue) が 100 以上の場合のセルを求め (2)、最終的に「5」をセルのRowIndexとして返却する (3)。この処理モデルを用いることにより、ワイルドカードで表現できる階層表の領域のループ処理を簡易な記述で表現することが可能である。

```
forEachCell(図1階層表, (*), (1995)) { ... (1)
  if ((cellValue) >= 100) { ... (2)
    return [RowIndex]; } ... (3)
```

図 3: 条件ループ処理モデルによる記述例

### 3 実問題への適用

階層表モデルを利用して生産計画シェル Coastool/Q[3] を構築した。この Coastool/Q を食品業生産計画問題、およびアパレル業工程編成問題に適用した。

#### 3.1 食品業生産計画問題

食品業生産計画問題は、各マシンの月単位での稼働日数を求め、月単位で与えられた所要量を満たすよう、また作り過ぎないように、指定範囲内(上限率、下限率)で生産計画を作成する問題である。

本問題の生産計画表は階層表モデルを用いて図4のように表現される。

製品	設備	能力	稼働日数	月間生産	所要量
製品A	M1	20	5	100	
	M2	30	8	240	
	合計			340	350
製品B	M1	20	5	100	
	M3	30	7	210	
	M5	35	8	280	
	合計			590	600
製品C	.....	.....	.....	.....	.....

図4: 生産計画表

本問題の立案知識は条件ループ処理モデルを二重ループとして用いることにより記述可能である(図5)。この処理モデルでは階層表を、縦軸が合計、横軸が稼働日のセルについてループ(1)する。さらにその中で、各製品についてループ(2)を行い、製品の所要量を各マシンの能力で除算し(3)、稼働日数計算を行い、最終的にマシンの能力制約のチェックを行って割り付ける(4)。

```

forEachCell(生産計画表, (7 total), (稼働日数)) { ... (1)
  product = TableKeyの最初の文字列を取得;
  forEachCell(生産計画表, (product ?), (稼働日数)) { ... (2)
    machine = TableKeyの2番目の文字列を取得;
    if (machine != 合計) {
      order = productの所要量を取得;
      dailyCapacity = machineの能力を取得;
      days = order / dailyCapacity; ... (3)
      能力制約をチェックしてdaysの値を割り付ける; ... (4)
    }
  }
}
    
```

図5: 条件ループモデルによる立案機能の記述

#### 3.2 アパレル業工程編成問題

アパレル業工程編成問題は、どの工程をどの作業者がどれだけの割合で担当するかを決定していく問題で、各作業者の仕事配分が平準化するように考慮しながら、最も生産性の良い工程編成を立案する問題である。

本問題の工程編成表は階層表モデルを用いて図6のように表現される。

工程	作業者A			作業者B			作業者C			時間
	t	r	tr	t	r	tr	t	r	tr	
1	30	50	15	40	50	20				35
2				20	30	6	25	70	18	24
3	40	20	8				25	80	20	28
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
時間				23		26			38	87

t: 作業時間(sec) r: 作業比率(%) tr: t \* r(sec)

図6: 工程編成表

また、本問題の立案モデルも3.1章と同様に条件ループ処理モデルにより記述可能である。

### 4 評価

3.1、3.2章に示すように階層表のデータモデルで両問題を表現できた。ここでは、階層表の条件ループ処理モデルについて評価する。

図5にて条件ループ処理モデルにより立案機能が記述できた例を示したが、システムの全機能における条件ループ処理モデルのカバー率を以下に示す。

問題	立案機能	記述可能	制約生成機能	記述可能
食品業	29種類	26 (90%)	43種類	37 (86%)
アパレル業	9種類	5 (63%)	18種類	13 (72%)

この表が示すように、大部分の機能は条件ループ処理モデルでカバーされていることが確認できる。なお、記述されなかった機能は全て表項目ではなく表の固定されたIndexが用いられたものである。例えば、1行目と5行目の全ての列におけるセル間の制約を生成するなどの機能であり、表項目が固定であることが多いアパレル業問題ではカバー率は低くなっている。

また、条件ループ処理モデルを用いた場合と用いないでC++言語で直接開発した場合の記述量の比較結果を以下に示す。単位は行数である。

問題	立案機能			制約生成機能		
	階層表	C++	削減率	階層表	C++	削減率
食品業	2300	3200	29%	2100	3600	42%
アパレル業	2100	2500	16%	1800	2900	38%

条件ループ処理モデルのカバー率の高い食品業システムにおける記述量の削減率が高く、条件ループ処理モデル内での処理が単純である制約生成機能での記述量の削減率が高い。

なお、階層表モデルを組み込んだCoastool/Qを用いることにより、従来の同規模のシステムの開発工数と比較して1/2~2/3の開発工数で両システムの開発が可能であった。

### 5 おわりに

本稿では階層表モデルを提案し、階層表のデータモデルの表現力、視認性の高さを示した。また階層表モデルの条件ループ処理モデルが生産計画システムの多くの機能をカバーすることを示し、階層表モデルによる上位生産計画問題へのアプローチの効果を確認した。なお階層表モデルは、組立業向け計画システムといった他の上位生産計画システムにもすでに適用されており、今後、これらのシステムの運用評価をまとめていく予定である。

### 参考文献

- [1] Shiina, S. et al. "PC Master Production Scheduling System with T/R/Q Selection Heuristics" TAI, 1995.
- [2] Codd E. F., "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks" CACM, V13, N6, pp377-87, 1970.
- [3] 椎名他, "制約ベース計画シェル Coastool/Qにおける数量計画機能の実現と評価", 第53回情報処全国大会, 1996.