

料理データベースを用いた献立表とレシピの半自動生成

市川 哲彦
○ 八代 夕紀子Menu Planning and Semi-Automatic Recipe Generation from
a Recipe Database and an Ingredient Knowledge BaseYoshihiko ICHIKAWA
○ Yukiko YASHIRO

The traditional database retrieval searches for data satisfying a given specification. In database-intensive applications, however, required information retrieval can be achieved only after some additional data processing has been performed. This paper reports our case study of a recipe database construction and its intelligent support of users to achieve more flexible and adaptive recipe retrieval. The kernel of the system is a database of recipes and a knowledge base which records the ingredients classification and nutrition and the set of basic cooking methods for each ingredient. In addition to traditional recipe retrieval by pattern matching, the information retrieval part has two extended facilities; generation of a plan of recipes using case-based reasoning and simulated annealing, and semi-automatic modification of recipes marked by SGML tags. This case study is considered to show the potential feasibility of database systems to complicated scheduling tasks and intelligent adaptive retrieval.

1 はじめに

従来の事務処理的なデータベース処理に加えて、近年では新しいタイプのデータベースシステムが現れてきている。これらには地理情報システムや文書データベースなどの新分野へのデータベース技術の適用 [1] という側面と、マルチデータベース [2] に代表される既存情報の有効活用するという側面がある。いずれにおいてもデータベースは情報源であり、データベースへの問い合わせはあくまで生データの検索を目的としている。しかしながら、ユーザにとっては得られた生データ自身よりも、何らかの処理によって加工された情報の方が重要であるから、統計解析や設計・計画などのツールをうまくデータベースシステムと組み合わせることによって、より付加価値の高いデータベースを提供することができると考えられる。

本研究ではこの点に鑑み、データベースを情報源とした計画問題と設計問題の一例として、料理データベースからの献立計画の生成およびレシピの半自動合成を行なうシステムの構築を行なった。システムの全体構成を図 1 に示す。データベース部では料理に関する基本情報に加え、材料の栄養価や市場価格などの情報を加えており、また調理手順については SGML 形式の構造化文書 [3] として蓄えてある。システムの献立計画部では、基本的なユーザからの要求事項として、栄養価、価格、調理時間、使用可能/不可能な材料などのリストを受け、それらの制約を満たす献立計画を生成する。データベースは本質的に大規模であるため単純な探索方式の利用は非現実的であり、本研究では最適化アルゴリズムの一つであるシミュレーテッドアニーリング法 (SA 法) [4] を事例ベース推論 (CBR) [5] の枠組みを組み合わせ用いている。

もう一つのレシピ検索部では、与えられた要求事項からのレシピ検索を目的としている。しかし、実際には特に材料の制約などがあつた場合、必ずしもデータベース中に条件を満たす料理が見つかるわけではない。そこで、この検索部ではデータベース中のレシピはあくまで可能な組み合わせの一部を反映した調理事例であると考え、材料の基本調理手順を利用して適宜 調理手順の合成が行なえるようにしている。この処理は、利用者への材料入れ換え提示による対話型の処理と、その結果を受けて SGML

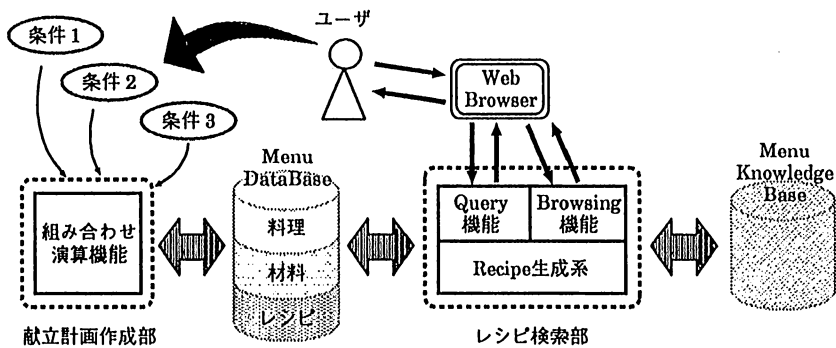


図 1: システム構成図

```

<RECIPE> <ENTRY> えびチリソース </ENTRY>
<INGRED> <I NAME=shrimp> <QTY=300 g>
           <I NAME=catsup> <QTY=4 lspoon>
           :
<INSTR>
  <PRELST> <PRE id=p1 ing=shrimp> 背わたをのぞき〜
           :
  <MAINLST> <MAIN> <PREF r=p1> を鍋に〜
           :
</RECIPE>
    
```

図 2: SGML で書かれた調理手順の例

形式の調理手順を合成する文書処理に分けられる。これらの処理は調理材料に関する知識ベースに基づいて行なわれる。この知識ベースには材料の分類と入れ換え可能性を与える知識に加えて、材料毎の基本的な前処理手順を記した SGML 文書フラグメントが記録されており、この情報とデータベース化された既存の料理手順を用いて調理手順合成が行なわれる。

以下本稿では、料理データベースについて簡単に触れたのち、これら献立計画生成部とレシピ検索部のそれぞれについて処理内容について順に説明する。

2 料理データベース

料理データベースは、料理に関する情報、材料に関する情報、さらに調理手順に関する情報から構成される。料理の分類構造としては、(1) 中華、和食、洋食などの基本分類、(2) 煮物、焼物、蒸物などの調理手法に関する分類、(3) 主菜、副菜、汁物、主食、の3つの軸を用いている。また、それぞれの料理毎の使用材料と分量が記述されており、後述の材料情報と併せることで栄養価と価格が導出可能となっている。

材料のデータには、材料の基本分類（緑黄色野菜、肉類、魚類など）に加え、エネルギー、たんぱく質、脂質、糖質、カルシウム、リン、鉄、ビタミンA、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンC、食塩の12種類の栄養価情報が与えられている。また、月毎の材料の消費者物価もデータベースに含まれ

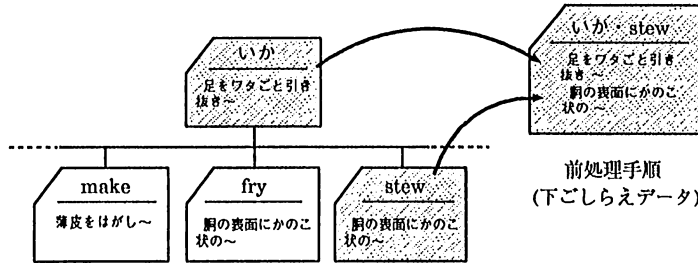


図 3: 前処理手順の概念図

ており、同じ価格制約に対しても季節毎に異なった料理が検索できるようになっている¹。この情報は文献 [6] 及び [7] から抽出した。

基本的なデータに加えて、材料の優先順位がや献立の基本的な組み合わせ事例などもデータベースに納められている。これらは後述の献立計画生成とレシピ検索で用いられる知識である。

調理手順の記述には SGML を用いている。SGML は ISO によって標準化された文書交換の規約であり、文書の論理構造を記述するのに適した言語である。この研究では最終的に調理手順自体も必要に応じて合成することに鑑み、この文書構造記述の標準を採用している。調理手順の例を図 2 に示す。また、材料に関する知識として材料毎に基本的な前処理手順 (下ごしらえ手順) を抽出してデータベース化している。これは、材料と調理方法で分類されており、後述のレシピ検索に用いられる。図 3 に前処理手順の階層構造の概念図を示す。

3 献立計画作成部

献立計画作成部では与えられた日数分の献立表を作成する。図 4 に献立表の例を示す。ユーザから与えられる条件には、(1) 栄養バランス、(2) 時間・価格の制限、(3) エネルギー・糖質・塩分の制限、(4) 使いたい料理の分類、(5) 使いたい材料の分類、がある。ここでは献立生成プロセスを簡略にするため、主菜、副菜、汁物、主食の組み合わせから日々の献立が構成されているとして考えている。

上記の検索条件は献立表に関する評価関数を構成する。ここでは以下のような式を用いている。

$$E = a \times \sum_{k=1}^{13} a_k \times f_k(x_k) + b \times \frac{\exp(-y) - 1}{\text{日数}} + c \times \frac{(\exp(z - 1) - 1)}{\text{日数}}$$

$\left(\begin{array}{ll} x_i & : \text{各栄養素(12種)と価格の1日平均の値} & y & : \text{材料優先度の合計値} \\ f_i(x_i) & : \text{各} x_i \text{の評価値} & z & : \text{メニューの重複の個数の最大値} \end{array} \right)$

右辺の第 1 項は栄養バランスの評価項、第 2 項はメニュー DB に蓄えられた各材料優先度の値にユーザの入力を考慮した項、第 3 項はメニューの重複の制約項である。a、b および c はこれらの項に対する荷重パラメータである。また a_i は各 $f_i(x_i)$ に対する荷重パラメータである。

献立計画生成は、この評価関数がある閾値以下にするような組み合わせを求める最適化問題である。したがって組み合わせ爆発を避ける必要性と、また探索の初期解をできるだけ望まれる解に近づく必

¹ 「旬のものは安い」という原理が正しければ、許される価格の範囲内で、旬のものが検索可能とも言える。

	一日目	二日目	三日目
主菜	チキンソテー	あじの塩焼き	チキンカレー
副菜	ポテトサラダ	五目豆	グリーンサラダ
汁物	クラムチャウダー	かきたま汁	ポテトスープ
主食	ロールパン	白飯	

図 4: 献立表の例

要がある。そこで本研究では CBR [5] の枠組を利用した。CBR の基本手順は (1) 事例の定義、(2) 献立の既存事例の検索、(3) 初期解の生成、(4) 献立事例の最適な組み合わせの探索からなる。(1) と (2) としては主菜、副菜、汁物、主食の情報をあらかじめ文献 [8] などを用いてデータベースを作成している。初期解の選択と以降の探索空間の決定はこれらの事例情報と料理の分類項目と評価値を適宜用いて決定した。

(4) の探索問題では確率的な状態遷移を温度パラメタで調整しながら行なう SA 法を用いた。SA 法以外にも、ニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズム [9] が知られているが、いずれも解のコーディングが難しく、また特に後者では解が求まるかどうかかわからないという不安定性があり、データベース処理の有限時間で答えを提示するという必要性から採用しなかった。

パラメタ設定などに任意性があることや、データベースサイズが 100 メニュー程度と小さいため性能評価は難しいが、実際にいくつかの条件を設定して実行した結果では数日間分の献立表作成であれば 10 分程度で条件を満たす答が見つかる。なお、本システムは Sybase 社の Sybase システムとサンマイクロシステムズ社 SS5 の互換機を用いて実装されている。かかった時間の大半はデータベース検索部分と通信部分である、データベース構造の改善によってかなりの効率向上が望めると予測される。より詳細な処理内容と実験結果に関しては文献 [10] を参照されたい。

4 レシピ検索部

レシピ検索部分では、レシピの基本的な条件として前項と同様の条件を受け付け、その条件を満たす料理をレシピと共に検索する。また、単に条件検索をするだけでなく、材料の分類項目などから材料の交換可能性を配慮し、それに基づいて適宜材料入れ換えを行なったものも検索の対象として考えている。本節では材料入れ換えなどを考慮した基本検索部と、それによってレシピの生成支援を行なう部分について順に説明を行なう。

4.1 基本検索システム

基本検索システムでは、ユーザ入力条件に従って検索を行なうが、この時条件を満たすものが見つからない場合でも、以下の観点から代替メニューの検索を行なう。

1. 材料の優先度 材料の優先度はデータベース中のデフォルト値と、利用者の都合や好みを反映させて計算される。この優先度に関する閾値を順次下げていくことで料理検索の条件を緩和できる。
2. 材料分類 同種の材料であれば同種の料理に使えることが多いことから、肉類、魚類、根菜類などの材料分類から料理の材料に関する入れ換え提案を行なう。

第 1 の項目では制約を緩めながら“改善の策”を検索するものであるが、第 2 の項目の場合は、新しい材料に置き換えたり削除したりしながらレシピ編集をする必要があり、次のレシピ生成支援システム

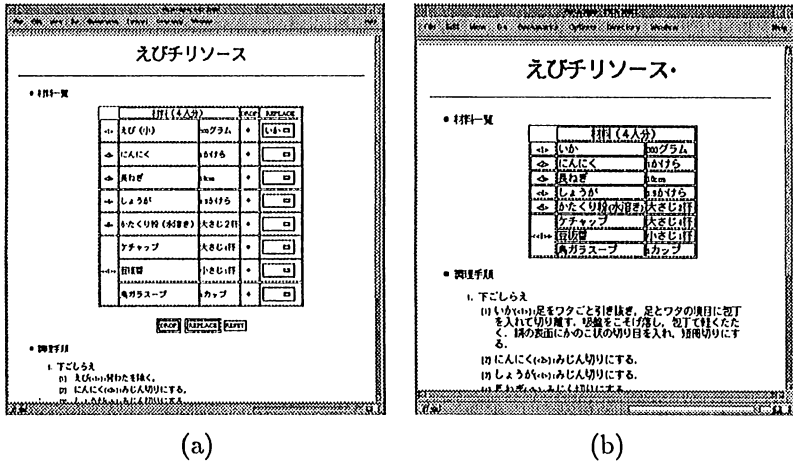


図 5: 検索結果 (一部省略)

によって対話的に必要な編集処理が行なわれる。

4.2 レシピ生成支援システム

レシピ生成支援システムでは、前節で決定されたレシピをユーザに提示する。材料の変更要求が発行された場合、“同じ系統の調理であれば、その下ごしらえにおける手順に違いはあるものの、メインの調理手順はほとんど変わらない”と考え、調理手順の生成を行う。編集処理は対話的に行なわれるので、World Wide Web のブラウザをユーザインタフェースとして用いた。ユーザの操作に応じて以下の処理が実行される。

1. 材料変更の提案 レシピを表示すると共に、材料の置き換え、削除の提案を提示する。
2. レシピの加工処理 置き換え提案が採用されると、代替材料の前処理手順が材料名、主調理方法から検索され、変更前材料の前処理手順と置き換えられる。この時レシピ文書の前処理手順の内、変更前材料の手順は新しい材料の手順によって書き換えられる。
3. SGML 処理 レシピ生成要求により SGML 形式のデータが HTML 形式に変換され、ユーザに提示される。また、印刷することも考慮して LaTeX 形式への変換機能も組み込まれている。

図 5 に検索実行例を示す。図 5 (a) の検索画面は、材料として「いか」が指定されたケースであり、同じ魚介類の「えび」の料理の中から「えびチリソース」が選択された様子である。この対話画面で材料の入れ換えや削除が指定できる。この画面で「いか」による置換えを指定した結果が図 5 (b) である。この料理のレシピにはえびの前処理が含まれているが、ここの部分が「いか」の前処理に置き換えられ、「いかチリソース」のレシピが生成されている。下ごしらえ手順の [1] が「いか」の前処理に置き換わっている。処理内容や実装の詳細については文献 [11] を参照されたい。

5 まとめ

これまでも CBR を用いた組み合わせ問題の解法や、設計問題への適用の研究は多く、数多くの事例やシステムが報告されているが、今回の我々のシステムの目的は、AI 技術における新規性の追

求ではない。通常の利用を目的として構築されたデータベースにいくらかの付加的な知識を追加することで、より高度な計画問題や設計問題に適用可能であることを示すことである。実際、今回作成したデータベースは、規模的な問題はあるものの、それ自身で料理とレシピに関する十分な情報を有している²。

作成した献立計画システムとレシピ生成システムは、ツールとしては試作段階であり、必ずしも実用的であるとは言えない。献立計画作成部では、栄養価計算のモデルが機械的で現実の調理に伴う損失を考慮していない、入力パラメタによってはかなり栄養バランスの悪い組み合わせを出してしまう、特殊な索引処理などはしていないため推論時間がかかる、などの問題点がある。また、レシピ検索部の問題点としては、分量の変更をきちんと行っていない、材料の料理における役割などが考慮されていないので役に立たない代替材料を提案してしまう、などが挙げられる。

しかしながら、データベース情報を知識として考え高度なツールをうまく適用することでより知的なシステムを構築するという意味では、今回のシステムによるケース・スタディは十分な可能性を示唆しているものと考えている。

謝辞

本研究の基本となるデータベースは清水 世津子、山本 恵理子両氏によって実装されたものです。また、貴重なコメントをいただいた藤代 一成氏に感謝致します。

参考文献

- [1] A. Silberschatz, M. Stonebraker, and J. Ullman (eds.). Database research: Achievements and opportunities into the 21st century. *ACM SIGMOD RECORD*, Vol. 25, No. 1, pp. 52-63, 3 1996.
- [2] A. Elmagarmid and C. Pu (eds.). Special issue on heterogenous databases. *ACM Computing Surveys*, Vol. 22, No. 3, 9 1990.
- [3] M. Bryan. *SGML: An Author's Guide to the Standard Generalized Markup Language*. Addison-Wesley, 1988.
- [4] 喜多一. Hopfield 型ニューラルネットワークとシミュレーテッドアニーリング. *人工知能学会誌*, Vol. 7, No. 6, pp. 970-979, 1992.
- [5] 小林康弘. 事例ベース推論. *人工知能学会誌*, Vol. 8, No. 1, pp. 26-36, 1993.
- [6] 科学技術庁資源調査会編. 図説・食品成分表'89. 一橋出版, 1989.
- [7] 総務庁統計局編. 小売物価統計調査年表・平成5年度版. 1993.
- [8] 滝口操. 夕食の基本献立12か月. 女子栄養大学出版部, 1975.
- [9] 萩原将文. ニューロ・ファジー・遺伝的アルゴリズム. 産業図書, 1994.
- [10] 清水世津子, 山本恵理子. メニューデータベースを知識源とする献立表作成システム. *お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業論文*, 3 1995.
- [11] 八代夕紀子. 構造化文書としてのメニューデータベースと適応的検索. *お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業論文*, 3 1996.

お茶の水女子大学理学部情報科学科
Department of Information Sciences, Faculty of Science, Ochanomizu University

²通常のテキストに換算して数冊分にはなる。