

コンピュータを用いた料理献立システム -献立作成用エキスパートシステム-

利田 いずみ* 加久間 勝**
*金沢女子大学 一般教養課程
**金沢工業大学 情報工学科

本稿は、栄養士の知識をとりいれた料理献立システム、すなわち献立作成用エキスパートシステムの構成法を述べたものである。まず、料理献立システムに必要な知識を取り上げ、その内容と構成について説明する。次に、1)一日単位の食事内容を診断する”診断型料理献立システム”、2)ユーザに合わせて栄養的にバランスのとれた献立を作成する”計画型料理献立システム(献立作成システム)”の試作概要とその性能評価を述べる。これらは、栄養学的な知識の少ない一般ユーザに対して、家庭で使われるコンサルテーションシステムとして有効であると思われる。

Computerized Cooking Menu Systems -Expert System for Planning menus-

Izumi Toshida*, Masaru Kakuma**

*General Education Course of Kanazawa Women's University

**Information and Computer Engineering of Kanazawa Institute of Technology

*10-5 Sue-machi Kanazawa, Ishikawa Pref. 920-13, Japan

**7-1 Ohgigaoka Nonoichi-machi Ishikawa-gun, Ishikawa Pref. 921, Japan

This paper deals with ways of constituting cooking menus by using 'Expert System' for planning menus based on dietitians' knowledge sorted out by computer.

First, we take up such knowledge as is needed for making out ideal menus and then explain its content and constitution.

Secondly, we give an outline and an evaluation of two types of cooking menu systems

- 1)'Diagnostic Type of Cooking Menu System' intended for diagnosing each meal a day,
- 2)'Planning Type of Cooking Menu System' intended for making out well-balanced menus for users, in general, mainly homemakers.

1. まえがき

豊かになった近年、様々なところで「健康」という文字が目につく。そんな中で、食は日常の生活の中で身近な健康法であるといえる。

本稿では、栄養士の立場にたった「料理献立システム」について報告する。システム作成に当たって、近年注目を集めている人工知能の研究分野の中でも、特にエキスパートシステムに取り組んだ。

エキスパートシステムとは、問題領域のエキスパート（その分野における専門家）の知識を用いて推論を行い、エキスパートと同等のレベルで問題解決できる知的プログラムである。エキスパートシステムを実現しようとするとき、知識ベースと推論機構の大きく二つの核から構成される。また、エキスパートシステムにおける問題解決方法は分析型と設計型に二分される。

分析型はあらかじめ結論の仮説が準備されているとき、与えられた判断規則により限定された問題空間の中を仮説に向かって探索を進めていくシステムである。一方、設計型は仕様書が与えられたとき、対象分野に関する知識を拘束条件として探索すべき空間に限定をかけながら、最適な結論を導いていくシステムである。

以下、2章では料理献立システムに必要な不可欠な知識ベース、データベースとその知識表現について述べる。3章では分析型の一例として、コンピュータと対話しながら最終的に診断を下すという診断型システムについて、4章では設計型の一例として、種々条件に合わせた献立を作成する計画型システムについて述べる。同時に、探索時間について内部、外部メモリにおける比較、また、知識ベースの構成法の違いによる評価を行った。

尚、本システムはパーソナルコンピュータPC-9801上で動く「Ariety/ Prolog」で記述した。

2. 料理献立システムの知識データベース

料理献立システムにおける必要な知識ベース、データベースについて述べる。

2. 1 料理集の知識ベース

システムを作成する上で、料理の知識ベースが必要となった。この料理知識ベースの検討、構成法のついで説明する。

2. 1. 1 構成の検討

(1) 料理の本の選択

知識ベースの基となる料理の本に関して以下の条件が必要である。

- ・手に入りやすい料理を用いている。
- ・日常の食事対象としている。
- ・あらゆる種類の食品を対象としている。

料理の本は数多く出版されているが、上記の3つの条件を備えており、一つ一つの料理のカロリーと栄養素の値が載っている婦人生活者出版の「毎日のお料理集」をもとに料理の知識ベースを構築することになった。

(2) 料理についての知識

・条件

システムにおいて、推論をするとき料理についての様々な条件が必要である。そこで、料理について6つの条件をつくり、料理のデータに知識をもたせた。

- ① 調理様式（和食、洋食、中華）
- ② 調理方法（煮もの、焼きものなど）
- ③ 主食、主菜、副菜
- ④ 朝食、昼食、夕食
- ⑤ 調理時間
- ⑥ 料理に使われる主な食品名

但し、以上の条件の中で③と④の条件に関しては分類における重複を許している。

・材料

使用する食品名とその分量について、4人分の分量をすべてgに換算させた知識を持たせた。また「六つの基礎食品」という概念より、栄養成分の類似している材料を六群に分類した。

・栄養素

料理に対するエネルギー量と栄養素の値を知識として付加した。栄養素は専門家より指示された最低限必要なものとして、タンパク質、脂質、炭水化物（糖質）、炭水化物（繊維質）、カルシウム、鉄、ビタミンA効力、ビタミンCを用いた。また、栄養素ではないが健康に関して重要な目安である、食塩相当量についても上記の栄養素の後に加えた。

2. 1. 2 表現方法

エキスパートシステムの知識の表現方法として、代表的なものにプロダクションシステムとフレームシステムがある。

プロダクションシステムは「IF 条件 THEN 結論/行動」という形式のルール（プロダクションルール）を知識として用いたシステムである。プロダクションルールの特徴を表1にて示す。

表1 プロダクションルールの特徴

長所	<ul style="list-style-type: none"> 個々のルールは作りやすく分かりやすい。 ルールの追加や変更が容易である。 ルールベースの改訂の効果を確認しやすい。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ルール全体の相互関係が不明瞭である。 知識の全体像がつかみにくい。 処理効率が非常に悪い。 エキスパートの知識構造と異なる。 推論に柔軟性が乏しい。

フレームシステムは、知識をある枠組みの中に組み込まれる形で表現を行い、対象としたモデルに適した推論方法をシステム設計者が自由に設定できるシステムである。フレーム表現の特徴を表2に示す。

表2 フレーム表現の特徴

長所	<ul style="list-style-type: none"> 知識の表現力が柔軟、多様で汎用性が高い。 知識の統合的表現が可能である。 階層的な知識表現により知識の経済性が高い。 推論方法が固定でなく柔軟な推論が可能である。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 知識間の整合性や完全性のチェックが困難である。 推論方法が固定でないためシステム設計者の負担が大きくシステム構築が困難。

本研究では、特にフレーム表現を用いて知識ベースを作成した。

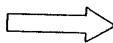
フレーム表現は一般にフレーム名とスロットの集合として定義される。この表現に基づき作成した知識ベースの一例を図1に示す。この知識ベースは料理名をフレーム名として、料理の本に表されている知識を条件スロット、材料スロット、栄養素スロットの3つのスロットに分けて表現している。

2. 2 その他データベース

2. 2. 1 食品成分表

料理を構成する各々の食品に対してのデータが必要となる。そこで、科学技術庁資源調査会編、四訂日本食品標準成分表を骨子とした「食品成分表」をもとに作成した。

●材料(4人分) 網焼き用牛肉(5¹/₂厚さ)400g
大根おろし1/2cup あさつき1把 塩こしょう
●作り方 ①牛肉は焼く直前に両面に塩こしょうをふります。
②焼き網を火にかけて充分に熱し、牛肉をのせて強火で手早く焼きます。ほどよい焼き目がついたら裏返し、好みの焼き加減に焼き上げます。
③全部焼き上げた後、食べやすい大きさに切り分けて器に盛り、手前に軽く水気をきった大根おろしを添えます。あさつきは細かい小口切りにし、大根おろしの上にのせます。しょうゆを好みにかけていただきます。



牛肉の網焼き	
条件スロット	牛肉、和食、焼きもの、主菜、夕食、20
材料スロット	牛サーロイン:400、大根:200 あさつき:20、塩:1、
栄養素スロット	エネルギー:272.4、タンパク質:19.2 脂質:19.5、糖質:2.4、繊維質:0.4 カルシウム:24.8、鉄:2.5、 ビタミンA:101.7、ビタミンC:10.4 食塩相当量:0.4

図1 知識ベースの例

この食品成分表は、それぞれの食品に関して栄養素の量が表示されている。表中より、その食品の属する食品群、料理知識ベースと同様な項目での各栄養素量、各料理の栄養素の値を計算する上で必要な廃棄率、以上を食品成分表の知識とした。また、食品成分表すべてのデータは莫大であったので、専門家と相談した上で日頃よく使われる食品を入力した。

2. 2. 2 栄養所要量

栄養所要量とは、世界多くの国々においてその国民が健康を保持し、健康に毎日の生活を営めるようにするために、どのような栄養素をどのくらいとったらよいかという摂取量の標準を示したものである。現在、「平成 2 年度から 6 年度までの間に使用する日本人の栄養所要量について」の答申されたものが使用されており、それに基づいて作成した。

栄養所要量は性別、年齢、生活労作強度により一日に必要な所要量が決まる。その項目は、エネルギー、たん白質、脂肪エネルギー比率、カルシウム、鉄、ビタミン A、ビタミン B₁、ビタミン B₂、ナイアシン、ビタミン C、ビタミン D である。これら全ての値を栄養所要量のデータとして用いることとした。

2. 2. 3 食糧構成案

栄養所要量のエネルギー量に着目して、一日に取るべき食品群別量を示したものが、食糧構成案である。これは、各食品群別量を目安量に従ってとることにより、一日に取るべき栄養所要量が満たされるというものである。エネルギー量別のデータに加えて、幼児、高齢者に対するデータもあるため、栄養所要量のデータに加え有効な目標量として用いた。

3. 診断型料理献立システム

3. 1 システム概要

本システムは、ユーザより一日単位の食事内容を入力することにより、入力した内容に対してのエネルギー量、主な栄養素量対話形式で出力（画面表示）するものである。以下に、入力項目、出力項目について示す。

(1) 入力項目

- ・性別
- ・年齢

①朝食

- ・食べたか、食べないか。
- ・食べた場合、主食はご飯か、パンか。その量は。
- ・主菜、副菜は何か（料理の本を見て選択）。
- ・飲物類は飲むか、飲まないか。
- ・飲んだ場合、何か。

②昼食

- ・食べたか、食べないか。
- ・食べた場合、主食はご飯か、パンか、めん類か、または店屋物か。（ご飯、パンに関して）その量は。
- ・（ご飯、パンに関して）主菜、副菜は何か（料理の本を見て選択）。
- ・飲物類は飲むか、飲まないか。
- ・飲んだ場合、何か。

③夕食

- ・主食はご飯か、めん類か、または店屋物か。（ご飯に関して）その量は。
- ・（ご飯に関して）主菜、副菜は何か（料理の本を見て選択）。
- ・飲物類（アルコール類を含む）は飲むか、飲まないか。
- ・飲んだ場合、何か。

(2) 出力項目

- ①ユーザの一日に取るべきエネルギー量の目標量。
- ②現在の入力項目に対しての以下の項目量。また、トータルした以下の項目量。
 - ・エネルギー量
 - ・タンパク質量
 - ・脂質量
 - ・炭水化物（糖質、脂質）量

3. 2 システム構成

システム構成を図 2 に示す。システムは推論機構、知識ベース、データベースより構成されている。

特にシステムの中心部を説明する。

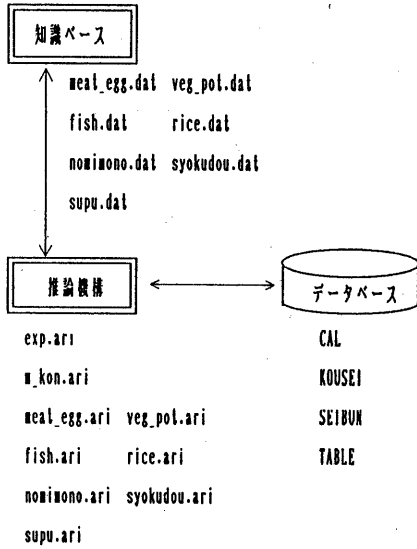


図2 システム構成図

(1) 推論機構

- exp.ari

推論機構すべてを起動させるメインプログラム。年齢、性別によりユーザ各々の一日に摂取すべきカロリー量もここで計算される。

- m_kon.ari

ユーザと対話しながら一日の献立をコンピュータが診断するというもので、朝、昼、夕食と順に一日の食事を選んでいき、カロリー、栄養素の量などをユーザに答える診断型エキスパートシステムの本体である。

(2) 知識ベース

- meat_egg.dat

料理の本の中から肉料理、卵料理を集めたもの。

- veg_pot.dat

料理の本の中から野菜料理を集めたもの。

- fish.dat

料理の本の中から魚料理を集めたもの。

- rice.dat

料理の本の中からご飯、パン、麺を用いた料理を集めたもの。

- nomimono.dat

料理の本以外で嗜好飲料を集めたもの。

- syokudou.dat

料理の本以外で店屋物の料理を集めたもの。

- supu.dat

料理の本以外でスープ料理を集めたもの。

(3) データベース

- CAL

年齢、性別別の栄養所要量のデータを集めたもの。

- KOUSEI

一日に取るべき食品群別量を表したもの。エネルギー量別、また、幼児、高齢者別に表されている。

- SEIBUN

食品成分表のデータを表したもの。

- TABLE

料理一つ一つにつけた番号と料理の知識ベースを結び付けるテーブルの役割をするもの。推論機構内の料理の知識ベースと同名のファイル（例えば、meat_egg.ari）により実際の推論で用いられる。

また、システム全体のメモリ量を表3に示す。

表3 システム全体のメモリ量

推論機構	74520バイト
知識ベース	96385バイト
データベース	16412バイト

3.3 探索時間の評価

知識ベースにおいてファイルの先頭と後尾ではアクセス時間に差がある。実際にmeat_egg.datにおいてアクセス時間の測定結果を外部、内部メモリ別に図3に示す。ここでの番号は各料理のファイルの先頭から割り付けたものである。

この結果、外部メモリからのアクセスは、ほぼリニアなグラフである。これはProlog言語でのRepeat-failという動作により、データのファイルを先頭からシーケンシャルにファイルのopen-closeを繰り返しながら参照しに行く。ただ、そのopen-closeという動作を実行するステップ時間が、1番目の料理をオープン、参照、クローズという動作のようにいちいち加算されるための結果であると考えられる。

これに対し、内部メモリ上に知識ベースを読み込む

方は、最初に内部メモリへ読み込む時間（約1.1秒）がかかるが、その後は外部メモリからのアクセスに比べ高速であり、かつ料理の順番による差がないということがいえる。これは、Prolog言語の特徴であるパターンマッチングによりダイレクトにデータをアクセスするためであると考えられる。

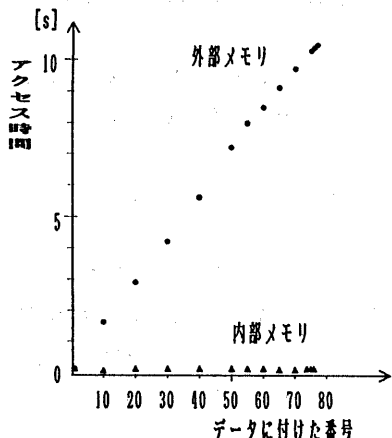


図3 外部、内部メモリの探索時間のグラフ

4. 計画型料理献立システム

本システムでは、栄養的にバランスのとれた献立を作成するための専門家の手続き的な知識が必要となる。4.1節に専門家の持っている手続き的な知識についてまとめる。

4.1 献立作成の手順

栄養学における献立作成を行う上で考慮すべき条件は以下の通りである。

- ① 栄養・・・年齢、性別に応じた栄養
- ② 家族・・・家族全員を考えた食事
- ③ 嗜好・・・おいしく食べるための配慮
- ④ 経済・・・家計費内での上手な食事
- ⑤ 調理時間・・・調理者の都合に応じた料理

この中で④についてはデータベースの中に取り入れることができなかつたため、献立を決定するうえでの条件として考慮しないものとする。

次の手順に従って、献立作成を行うシステムとした。

- ① 主食（飯、パン、麺類等）を決める。
- ② 副食のうち、まず主菜を考える。主菜は主に、魚介、肉、卵類、豆製品等から選ぶ。

③ ①、②の不足の食品群より、その他一品以上を加える。一般に、朝食は一汁二菜、夕食は一汁三菜が目安である。

図4に献立作成の手順の概要を示す。

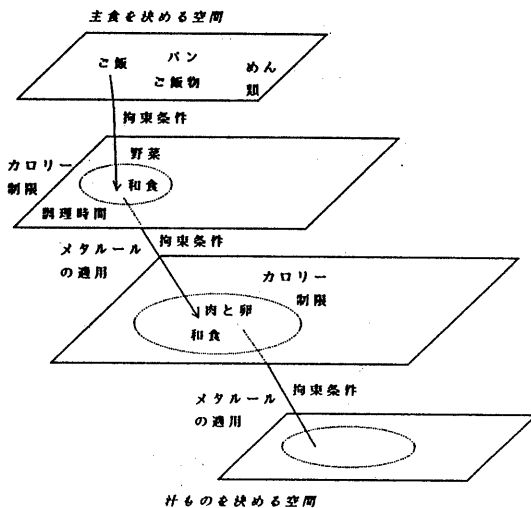


図4 一食の献立作成のプロセス

4.2 システム概要

本システムでは、調理者、食事者別に、ユーザの条件に合わせた献立を一日単位で作成する。但し、昼食に関しては生活環境によって異なるためコメントのみとする。以下に入力項目、出力項目について述べる。

(1) 入力項目

- ・性別
 - ・年齢
 - ・対象を調理者とするか、食事者とするか。
- ① 調理者に関して
 - ・家族構成は。
 - ・調理に許される調理時間は。
 - ・主食は何にするか。
 - ・現在ある生鮮食品は。
 - ・調理法についての制約は。
 - ② 食事者に関して
 - ・好みの料理の様式は、和食か、洋食か、中華か。
 - ・好みの料理は、肉料理か、魚料理か、野菜料理か。
 - ・具体的に好きな食品（材料）名。
 - ・具体的に嫌いな食品（材料）名。
 - ・主に、油料理は好みか、嫌いか。

(2) 出力項目

- ・作成された献立。(夕食は主食と一汁二菜、朝食は主食と一汁一菜)
- ・それら料理に関するエネルギー量、主な栄養素量。
- ・一日単位のトータルしたエネルギー量、各種栄養素量。
- ・昼食に関するコメント。

4.3 システム構成

システム構成は3.2節の診断型料理献立システムと同様であるので省略する。計画型料理献立システムでも同様の知識ベース、データベースを用いている。

4.4 知識ベースの構成法

計画型システムでは、問題空間がきわめて広いため、探索時間において知識ベースの構成方法が重要な鍵となる。以下に、構成法を提案し評価を行う。

4.4.1 フラットな知識ベース

知識ベースにおけるフレーム一つ一つはOR関係になっている。従って、知識(フレーム)は図5で示すとおりフラットな構造である。

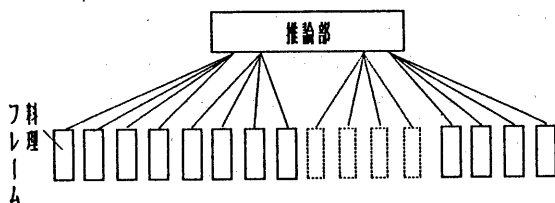


図5 フラットな知識ベース

4.4.2 知識ベースの階層化

次に知識ベースの階層化を考える。この階層化は、特定の条件に対して、それを満たしたフレームへのポインタをスロット値として持つような条件フレームをOR関係であるフレームの上位フレームとして付加し、知識ベースを階層化することである。この上位フレームである条件フレームを用いることで知識ベースの全てを探索する必要はなくなり、推論の効率化が期待できる。この階層化による知識ベースのイメージを図6にて示す。

また、階層化を発展させて、付加した上位フレーム

を多階層化させる多重階層化の知識ベースを図7に示す。単階層化に比べ、より探索空間が狭められることが期待できる。

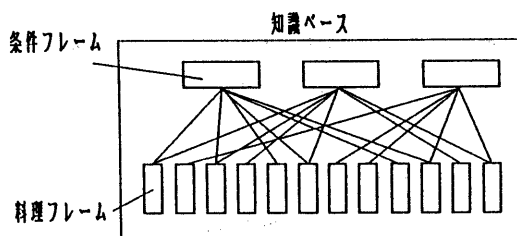


図6 知識ベースの階層化

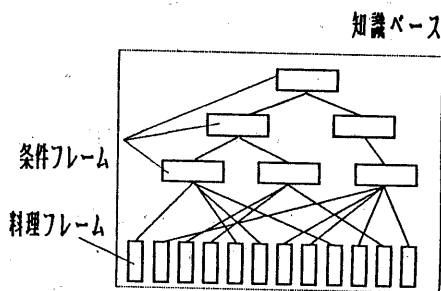


図7 知識ベースの多重階層化

4.4.3 2つの知識ベースの評価

表4にフラットな構造の知識ベースと、階層構造を持つ知識ベースのメモリ量を、Prologのソースプログラムレベルで比較した。

表4 知識ベースのメモリ量の比較

フラットな知識ベース	多重階層化の知識ベース	
	条件フレーム	料理フレーム
87359 バイト	3971	87359
	91330	バイト

次に、これらの2つの知識ベースに対して全く同じ拘束条件を与え、全ての条件を満たす料理フレームを選び出すまでの探索時間の測定を行う。実際の拘束条件は以下に示す。

- 条件1 - 野菜を主材料とする料理
- 条件2 - 条件1 & 料理形式が和食

- 条件3 - 条件2 & 調理法が煮もの
 - 条件4 - 条件3 & 副菜向き
 - 条件5 - 条件4 & 夕食向き
 - 条件6 - 条件5 & 調理時間が60分以内
- そして、2つの知識ベースに対して、拘束条件が1つから6つの場合の探索時間の結果を図8に示す。

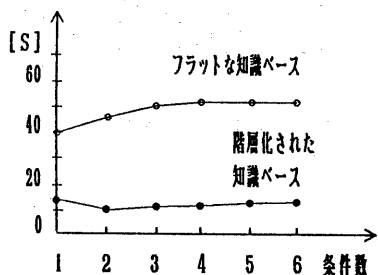


図8 2つの知識ベースの推論時間の比較

多重階層化させたことにより探索空間が約1/3に狭められたことで、探索時間も同様に約1/3程度に短縮される。しかし、知識ベースのメモリ量に関しては、条件フレームを付加したことにより、約5%程度増大する。今後、付加させる条件フレームに関する改良が望まれる。

5. あとがき

栄養士という専門家の知識を用いた料理献立システムについて、その知識データベース、システム内容について報告した。エキスパートシステムを作成するに当たって、料理の材料において分類が明確であり、かつ、年齢、性別等により人それぞれの一日に取るべきエネルギー量、各種栄養素量が決まっておき、比較的知識データベースは作成し易かったと思われる。しかし、エキスパートシステムでのボトルネックである「知識の獲得」において、専門家の知識を十分に吸収できたかという点においては疑問が残る。

また、いくつかの知識ベースの構成法について提案した。フラットな構造の知識ベースから階層化させることにより探索時間を短縮することができた。今後、メモリ量等についての改良が必要であると思われる。

以下に、今後の課題について挙げる。

- (1) 専門家が知識として意識していない専門知識、いわゆる常識という知識についての獲得が必要である。そのために、1.知識の獲得方法について、2.獲得された知識の表現方法について、検討が必要である。
- (2) ユーザからの条件では、曖昧な要素を持ったものがある。例えば、「あっさりした料理が欲しい」とか、「ごちそうが食べたい」である。このような条件に対して、現在のシステムでは考慮されていないが、今後ファジィ推論等を用いて取り入れていく予定である。
- (3) 現在ユーザからの入力に関して、キー入力のみで行われているが、コンピュータに慣れていないユーザのためにも、マウスなどの入力方法の検討が必要である。また、最終的な結果の表示方法についても、表、グラフを用いることによるわかりやすい画面作成が望まれる。

謝辞：

栄養学における専門家として、終始御助言頂きました金沢女子短期大学の生活文化学科の西浦まさ子教授、白山ひろみ助手に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 加久間、利田他：“献立作成を対象とした診断型エキスパートシステムの構成法” 平成元年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集 pp140-141 (1989)
- [2] 加久間、利田他：“献立作成を対象とした計画型エキスパートシステムの構成と評価” 平成元年度電気関係学会北陸支部連合大会予稿集 pp142-143 (1989)