

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：34416

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700224

研究課題名（和文）

感性に訴えるレシピを提案する食生活支援ロボットの開発

研究課題名（英文）

Development of a healthy eating habits support system considering user's Kansei

研究代表者

徳丸 正孝 (TOKUMARU MASATAKA)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：70298842

研究成果の概要（和文）：

本研究は、ユーザの健康と嗜好を考慮した献立を提供する食生活支援システムを提案している。食生活支援システムは、栄養管理システムと感性検索システムで構成されている。栄養管理システムでは、タブーサーチ法を用いて栄養バランスを考慮したレシピの組合せを探索し、献立を生成するシステムを開発した。また感性検索システムでは、対話型遺伝的アルゴリズム処理によりユーザの嗜好を学習し、生成された献立からユーザの嗜好考慮した献立を探索するシステムを開発した。

研究成果の概要（英文）：

This study proposes a healthy eating habits support system that provides menus while considering user's taste and health. The healthy eating habits support system is composed of a nutritional management system (NMS) and a Kansei retrieval system (KRS). In the NMS, we developed a method that used Tabu Search to search through combinations of plural recipes, and created menus. In the KRS, we developed a method that learned user's taste using Interactive Genetic Algorithm. The KRS could retrieve menus considering user's taste from the created menus by NMS, and present the user with them.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 2,300,000 | 690,000 | 2,990,000 |
| 2011 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性ロボット，生活支援，進化計算

1. 研究開始当初の背景

人間の好みや感覚によって評価が決まる問題は、解を定量的に評価することが困難である。このような問題の解決法として有力視

されている手法の1つに、対話型進化計算がある。対話型進化計算では、対象とする問題における解候補をユーザが直接評価し、ユーザの評価が高い解候補同士を交配させるこ

とにより、確率的により優秀な解を生成することができる。

我々はこれまでに、対話型遺伝的アルゴリズムに着目し、複数の感性エージェントが同時に解探索を行い、ユーザとの対話処理の中でユーザの潜在的な感性を探ることができるモデルを提案し、その有効性について検証してきた。本研究は、我々が提案した感性検索エージェントを、実生活において一般の人々を支援するロボットに実装することで、本手法の新たな応用の可能性を検討する。

2. 研究の目的

対話型進化計算を用いた感性検索エージェントを応用し、ユーザの感性に響く魅力的なレシピを提供する食生活支援ロボットの開発を行う。本ロボットは冷蔵庫や食料庫の材料を把握して、それらを用いて作成できるレシピを提示するだけでなく、ユーザの好みや栄養バランス、さらには料理の組み合わせや長期的な献立のローテーションなどを総合的に考慮した献立およびレシピを提供する。本研究を通じ、ユーザとの対話処理によって評価値を獲得する進化計算手法による組み合わせ最適化の更なる発展の可能性を追求する。

3. 研究の方法

本研究では、図1に示す感性エージェントを用いた食生活支援システムの開発を目指し、各種機能の開発および実装を行った。図中の円形はレシピデータを表しており、複数のレシピから1食の献立を作成している。食生活支援システムは、レシピデータベースから栄養バランスのとれた複数のレシピの組み合わせを探索し、候補リストとして保存する。感性検索エージェントは、自身の感性によって候補リストの中から献立を探索し、ユーザに献立を提示する。感性検索エージェントとは、ユーザの感性を模倣した感性モデルである。したがって、食生活支援システムによって提示される献立は、ユーザの嗜好と健康を考慮したものとなっている。

以下、食生活支援システムを実現するための各種機能について述べる。

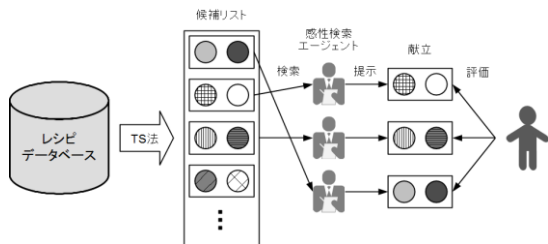


図1 食生活支援システムの概要

(1) 調理手順と栄養量を考慮したレシピデータのコーディング

本研究では、料理に必要な素材と調理手順をレシピデータに含めてデータベース化するために、調理手順による栄養量の変化を考慮したレシピデータのコーディング手法を開発した。

通常よく用いられるレシピデータのコーディングは、材料と調理方法の情報を持っているが、材料と調理方法を関連付けることが出来ないため、調理手順のプロセスを持たないという問題があった。そこで本研究では、木構造を用いて調理プロセスを表現し、食材が調理されることによる栄養量の変化を算出できるようにした。図2に提案手法の概要を示す。図2上は従来のレシピデータのコーディングであり、調理するために必要な材料は材料a (100g), 材料c (250g), 材料d(150g)であり、調理方法Bと調理方法Dを用いるという情報が含まれている。しかし、この場合にはどの食材を調理方法Bで調理し、どの順序で調理方法BとDを行うかなどの情報が含まれていない。そこで、図2下に示す木構造を用いることにより、以下のように調理プロセスをデータとして保持することが可能となる。

- ① 材料aと材料cを調理方法Bに従って調理する。
- ② 材料dを加え調理方法Dに従って調理する。

このように、木構造のレシピデータは材料をどの手順で調理すれば良いのかという情報を保持し、ユーザにレシピの調理手順を提示することが可能となる。さらに、食材がどのような手順でどのように調理されるかを

| | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|---|-----|---|---|---|---|
| 100 | 0 | 250 | 150 | 0 | ... | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 材 | 材 | 材 | 材 | 材 | | 調 | 調 | 調 | 調 |
| 料 | 料 | 料 | 料 | 料 | | 理 | 理 | 理 | 理 |
| a | b | c | d | e | | 方 | 方 | 方 | 方 |
| | | | | | | 法 | 法 | 法 | 法 |
| | | | | | | A | B | C | D |

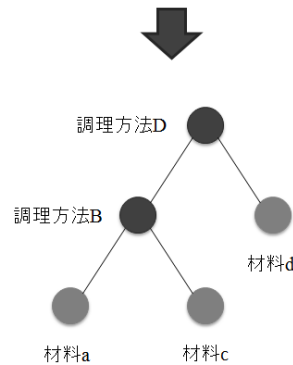


図2 レシピデータの木構造化

考慮し、調理後の栄養量を推定することが可能となる。

(2) 栄養管理システムの開発

本研究では、キーワード検索を用いずに、ユーザの栄養バランスと嗜好を考慮した献立を提供する食生活支援システムを開発した。食生活支援システムは、栄養バランスを考慮した献立を探索する栄養管理システムと、ユーザの嗜好に合った献立を提供する感性検索システムに分かれている。

栄養管理システムは、膨大な数のレシピデータが保存されているレシピデータベースから、栄養バランスを考慮した複数のレシピの組合せを探索し、献立として保存する。栄養バランスを考慮したレシピの組合せ探索には、メタヒューリスティックスの1つであるタブーサーチ法 (Tabu search method : TS法) を用いている。TS法は巡回セールスマン問題等の組合せ最適化問題に使用されており、性能の高さが確認されている。

また、栄養管理システムは1日の栄養バランスだけを考慮するのではなく、長期に渡っての栄養バランスを考慮する必要がある。人間が1日に摂取する必要がある栄養量は、厚生労働省の「日本人の食事摂取基準 2010」によって定められている。しかしながら、現代の食生活において、人間が1日の間に定められた栄養量を過不足なく摂取することは非常に難しい。そこで、1回の食事で必要な栄養量とユーザに提示された献立に含まれている栄養量を比較し、その誤差を摂取誤差として保存する。そして献立探索のたびに、摂取誤差が減少するように次の食事で必要な栄養量を更新することで、摂取栄養量の過不足を軽減させ、数日の間に定められた栄養量の摂取を目指す。

(3) 感性エージェントを用いたレコメンドシステム

本研究ではユーザの嗜好情報を獲得し、自動的にユーザの好むデータを検索・提示するレコメンドシステムを開発した。

レコメンドシステムの概要を図3に示す。システムは感性検索エージェントを含んでいる。感性検索エージェントは、人の感性を模倣し、コーディングしたモデルである。感性検索エージェントがデータベース内を検索し、ユーザにデータの提案を行う。そして、提案されたデータに対し、ユーザは自身の嗜好に合っているか評価する。この操作を繰り返すことで、感性検索エージェントは、ユーザの感性を学習し、ユーザの好む情報の検索が可能となる。

従来、人の感性を学習するための手法として、一般に Interactive Genetic Algorithm (IGA) が用いられてきた。しかし本システムにおいて、IGA では学習性能が不十分である。

そこで、Simulated Evolution (SimE) という

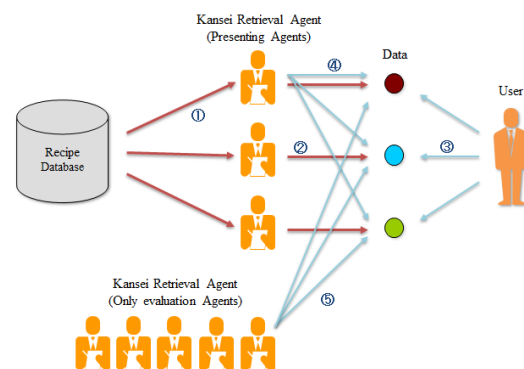


図3 レコメンドシステムの概要

手法を IGA に取り入れた、IGA と SimE のハイブリッドアルゴリズムを提案し、学習性能の向上を図る。

(4) ユーザの感性の多様性を考慮したレシピ検索システム

本研究では、対話型免疫アルゴリズム (Interactive Immune Algorithms : IIA) を用いて、ユーザの好みに合ったレシピを検索するシステムを開発した。本システムでは、栄養管理システムがデータベース内のレシピデータを探索し、ユーザに提示する献立の候補リストを生成する。データベース中のレシピに対して組み合わせ探索を行うことで、ユーザが摂取すべき栄養を含んだ献立を生成可能となる。

図1に示したシステムにおいて、それぞれの感性検索エージェントは、生成された候補リストの中から、ユーザの嗜好に最も合っていると評価した献立を選択し、ユーザに献立を提示する。そして、感性検索エージェントによって提示された献立に対しユーザが評価を行う。献立に対してユーザが評価することにより、与えられた評価値を元に、感性検索エージェントはユーザの感性に近い個体へと進化する。したがって、栄養バランスを考慮した上で、ユーザが好む献立のレシピを提示する食生活支援システムを作成できる。

4. 研究成果

本研究では、前述した4つのシステムについて、実レシピのデータおよび数値シミュレーションを用いてその有効性を検証した。以下にそれぞれのシステムにおける性能評価について示す。

(1) 調理手順と栄養量を考慮したレシピデータのコーディング

本研究では、食材それぞれが持っている栄養量と調理プロセスから、提案モデルが市販のレシピ本に記載されている献立（調理済みの料理）の栄養量を正しく推定できるかを検証した。本検証では、従来手法と提案手法のレシピデータの調理後の栄養量を算出し、従来手法とレシピ本の栄養量、提案手法とレシピ本の栄養量をそれぞれ比較した。比較をする栄養素は、エネルギー、たんぱく質、脂質、食塩相当量の計4種類である。検証レシピは市販のレシピ本からランダムに40種類を選択した。

結果を表1に示す。比較した結果を数値化するため、誤差率を算出し、栄養素ごとに平均値を求めた。すべての栄養素において、提案手法は従来手法より誤差率が下回る結果となった。このことから、提案手法である木構造を用いたレシピデータの有効性が確認できた。

表1 栄養量の誤差率を平均した結果

| | エネルギー | たんぱく質 | 脂質 | 食塩相当量 |
|------|-------|-------|--------|--------|
| 従来手法 | 7.55% | 6.05% | 14.60% | 12.86% |
| 提案手法 | 6.58% | 6.05% | 14.20% | 12.54% |

(2) 栄養管理システム

本研究では、実装前にTS法を用いた場合の組合せ探索の性能を調べる必要がある。そこで、乱数を用いて作成した疑似レシピデータと疑似食品成分表を用いて、探索できた献立数を計測した。食品成分表とは、食材100gあたりに含まれる栄養量を表にしたものである。また疑似レシピデータには、使用する食材・調味料の情報がg単位で保存されている。データベース内のレシピ数は50,000件、献立を構成するレシピ数を2~6品目、食事回数は51として、シミュレーションを行った。

シミュレーション結果を表2に示す。表の数字は、栄養管理システムによって探索された献立の数を表している。表1より、献立を構成するレシピ数が3以上の場合、長期に渡って十分な数の献立を探索できていることが確認される。献立を構成するレシピ数が2の場合、探索された献立数が非常に少なくなっている。これは、2品目で必要な栄養量を摂取することが非常に難しいためだと考えられる。また、献立を構成するレシピ数が3~6の場合では得られた献立数が10,000件を維持しているが、これは保存できる献立数の上限を10,000件にしていることが原因である。したがって、保存できる献立数の上

限を上げることで、より多くの献立を得ることができると考えられる。

本シミュレーションによって、疑似レシピと疑似食品成分表を使用した場合の栄養管理システムの有効性が確認された。そこで、今後は実際のレシピデータと食品成分表を用いてシミュレーションを行う予定である。

表2 シミュレーション結果

| レシピ数 | 食事の回数 | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10回 | 20回 | 30回 | 40回 | 50回 |
| 2品目 | 376 | 347 | 353 | 345 | 348 |
| 3品目 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |
| 4品目 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |
| 5品目 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |
| 6品目 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 |

(3) 感性エージェントを用いた Recommend システム

本研究では、提案手法であるIGA-SimEの有効性を検証するために、シミュレーションを行なった。シミュレーションでは、疑似的に生成したユーザを用い、システムがその疑似ユーザの感性をどれだけ学習しているかを検証した。

シミュレーション結果を図4に示す。図4は、ユーザの評価回数（横軸）に対する、エージェントと疑似ユーザの感性の誤差（縦軸）を表している。結果として、IGA-SimEは高い学習性能をもち、最適化手法として有効であることが示された。

IGA-SimEは、IGAの長所である初期収束の速さを維持した上で、IGAの短所である局所解への収束を防ぐことが可能である。しかし、シミュレーションでは疑似的に生成したユーザを用いている。そこで、今後は実際のユーザに対してのRecommendシステム及びIGA-SimEの有効性を検証する必要がある。

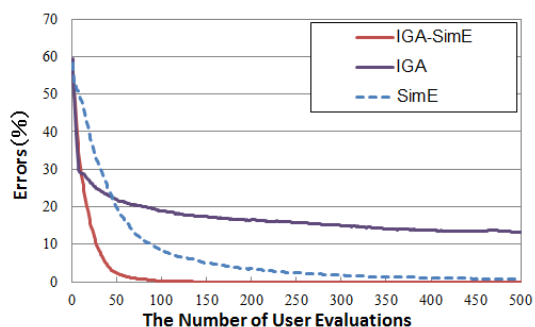


図4 シミュレーション結果

(4) ユーザの感性の多様性を考慮したレシ
ピ検索システム

本研究では、提案手法の有効性を検証する
ために、感性エージェントに固有のパラメ
ータを持たせた個体を疑似ユーザに見立て、数
値シミュレーションを行った。ユーザの感性
の複雑性を再現するために、疑似ユーザが持
つ感性の数を変化させた場合において、提案
手法である IIA（対話型免疫アルゴリズム）
と先行研究で用いていた IGA（対話型遺伝的
アルゴリズム）の性能比較シミュレーション
を行った。疑似ユーザが複数の感性を持つ
ている場合の進化性能と、疑似ユーザの持つ複
数の感性を何種類記憶できるか、の2点につ
いて、IIA と IGA を用いた場合でのシミュ
レーション結果を比較した。

シミュレーション結果を図5および図6に
示す。図5に示すように、IIA を用いた感性
検索システムの方が IGA を用いた感性検索シ
ステムよりも多くの感性を学習できること
が確認できた。GA を用いた手法ではユーザの
感性を1種類しか学習できない場合が約70%
であるが、IA を用いた手法では、疑似ユー
ザの持つ感性が3種類の場合では約10%、5種
類の場合では1%にまで抑えることができた。

また図6に示すように、疑似ユーザが複数
の感性を持つ場合では、疑似ユーザが100回

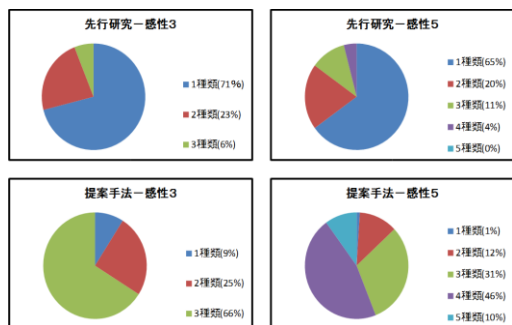


図5 学習できた感性の種類

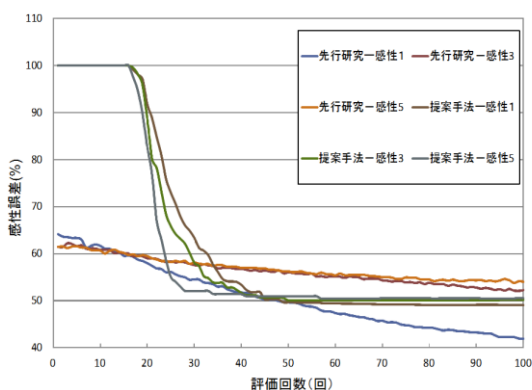


図6 進化性能の比較

評価をした時点での GA を用いた手法と IA を
用いた手法の進化性能にほとんど差がない
ことが確認された。

以上の結果より、疑似ユーザが複数の感性を
持つ場合は、IA を用いた手法の方が GA を用
いた手法より優れていることが分かる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に
は下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① H. Takenouchi, M. Tokumaru, N. Muranaka, Tournament Evaluation System Applying Win-Lose Result Presumption Considering Kansei Evaluation by Multiple People, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, Vol.16, No.3, 2012, pp.453-461.
- ② 袴田隼毅, 徳美雄大, 徳丸正孝, 対話型進化計算を用いたレコメンドシステムフレームワーク, 日本感性工学会論文誌, 査読有, Vol.11, No.2, 2012, pp.281-288.
- ③ 奥中大地, 徳丸正孝, ニューラルネットワークを用いた感性検索モデル, 日本感性工学会論文誌, 査読有, Vol.11, No.2, 2012, pp.331-338.
- ④ 竹之内宏, 徳丸正孝, 村中徳明, 2点嗜好法を適用した複数参加型トーナメント方式を用いた対話型遺伝的アルゴリズム, 日本知能情報ファジィ学会誌 知能と情報, 査読有, Vol.23, No.1, 2011, pp.38-53.

[学会発表] (計13件)

- ① Y. Tokumi, J. Hakamata, M. Tokumaru, Development of a healthy eating habits support system considering user's taste and health: Generation of menus that are considered nutritionally balanced, 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems - ISIS2011, 2011.9.29, Suwon, Korea.
- ② J. Hakamata, Y. Tokumi, M. Tokumaru, Development of a healthy eating habits support system that presents menus considering a user's taste and health: Optimization of Kansei retrieval system, 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems - ISIS2011, 2011.9.29, Suwon, Korea.
- ③ D. Okunaka, M. Tokumaru, Kansei retrieval model using a Neural Network, 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems - ISIS2011, 2011.9.29, Suwon, Korea.
- ④ 徳美雄大, 袴田隼毅, 徳丸正孝, 嗜好と

健康を考慮した献立を提供する食生活支援システムの開発 ～栄養管理システムの最適化～, 日本知能情報ファジィ学会 第27回ファジィシステムシンポジウム, 2011.9.14, 福井大学.

- ⑤ 袴田隼毅, 徳美雄大, 徳丸正孝, 対話型進化計算を用いたレコメンドシステムフレームワーク, 第13回日本感性工学会大会, I41, 2011.9.5, 工学院大学.
- ⑥ 奥中大地, 徳丸正孝, ニューラルネットワークを用いた感性検索モデル, 第13回日本感性工学会大会, I42, 2011.9.5, 工学院大学.

[その他]

ホームページ等

<http://www.kis.kansai-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳丸 正孝 (TOKUMARU MASATAKA)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：70298842