

オントロジを利用した健康支援システムの提案とその評価

和 泉 諭^{†1} 加 藤 靖^{†2} 高 橋 薫^{†2}
菅 沼 拓 夫^{†1} 白 鳥 則 郎^{†1}

本論文では、健康に関するオントロジを導入し、生活習慣病改善を目指す人々を支援するシステムを提案する。このシステムでは、センサデバイスやモバイル端末を利用し、ユーザの身体データの取得や管理を行い、さらに、取得した身体データを利用し、健康に関するドメインオントロジに基づいて推論を行うことで、ユーザに適した健康アドバイスを導出する。オントロジを用いることで、健康に関する知識をシステムが理解し、より適切なアドバイスが導出できる。また、既存技術を効果的に組み合わせることでシステムの構築を行い、さらに各種試験を通じ、本システムが実用化に耐えられるだけの性能を持ち、なおかつ有用で信頼性のあるアドバイス提供が行えることを示す。本論文では、支援システムの設計と実装、およびその評価について述べる。

Proposal of an Ontology-based Health Support System and Its Evaluation

SATORU IZUMI,^{†1} YASUSHI KATO,^{†2} KAORU TAKAHASHI,^{†2}
TAKUO SUGANUMA^{†1} and NORIO SHIRATORI^{†1}

This paper proposes a system introducing an ontology about health to support people who wants to prevent lifestyle-related diseases. In this system, the physical data of a user is collected and checked using a sensor device and a mobile device. Our system also derives health advices suitable for the user by inferring from the collected data and a domain ontology about health. By using the ontology, a machine can understand the knowledge about health and derive suitable advices. We develop the system combining some existing technologies. With results of some tests, we show our system has an enough performance for practical use and derives more reliable health advices. This paper presents the design and implementation of the support system and its evaluation.

1. はじめに

運動不足や過食等、生活習慣の不規則性から、肥満、高血圧、糖尿病等の生活習慣病患者が増加している。これらの患者は心臓病や脳卒中の恐れがあり、最悪の場合死にいたる。生活習慣病を防ぐためには、定期的に運動を行い、また食生活を改善する必要がある。そのようなことから、生活習慣の改善方法等、健康への関心が高まっており、健康についての情報提供等の支援活動も各種機関・組織で活発に行われている^{1),2)}。しかし、これら機関が提供する情報は従来のホーム

ページ記述言語 (html) で記述されているため、検索エンジンやエージェント等がそれら内容の意味を理解することができず、文字列によるパターンマッチングに基づく検索しか行えないため、的確な情報を得られなかったり、検索効率が悪化したりする等の課題があった。その結果、あらゆる健康状態に応じたそれぞれのアドバイス (適切な運動や食事とそれらの頻度、また、不適切な運動等) や、各運動や食事における効果等が混在して記載されている Web ページの中から、自分に合った改善方法を探すのは一般に難しく、ユーザの立場からすると、自分の要求や健康状態に応じた情報やアドバイスを容易に取得できないという問題があった。

その解決策の1つとして、セマンティック・ウェブ技術の適用があげられる。セマンティック・ウェブ技術では、Web 上のすべての情報源に対してメタデータを付与し、それらを知識としてオントロジ^{3),4)} に

†1 東北大学電気通信研究所/情報科学研究科
Research Institute of Electrical Communication/
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

†2 仙台電波工業高等専門学校
Sendai National College of Technology

より体系化できる。オントロジやメタデータを使用することで、機械（ソフトウェアやエージェント）が各種情報の持つ意味について理解することができ、より効果的なサービス提供が行えると期待される。セマンティック・ウェブ技術を医療に応用した研究^{11)–13)}もある。

本論文ではセマンティック・ウェブ技術を利用し、人々の健康維持・促進、特に生活習慣病の改善のための支援システムの構築を行う。本システムでは、ユーザの身体データをセンサデバイスとモバイル端末を用いて取得・管理し、そのデータをもとにアドバイスを提供する。ユーザからアドバイス要求があると、支援システムはユーザデータや要求に応じて、そのユーザに合った運動や食事のアドバイスを自動的に導出する。そのためには、健康や運動、食事に関する知識をシステムに与え、システム自身がその知識やユーザの健康状態の関係を考慮する必要がある。本研究では、的確なアドバイスを導出するために、健康と運動・食事についての知識、すなわち、これらドメインでの諸概念とそれらの間の関係をオントロジとして体系化する。オントロジにおいて、健康と運動、食事に関する知識は、それぞれ関連付けられているが、推論によりそれらの知識に新たな関係を導出し、それをアドバイスとして提供する。

本支援システムの特徴として、健康と運動・食事というドメインでのオントロジと推論の組合せによるアドバイス導出において、ユーザの目標や健康状態を考慮した適切なアドバイス提供があげられる。本システムで導入するオントロジにおいて、人が持つ目標と運動や食事が持つ影響を等価な関係と定義した。そのようなオントロジと推論を組み合わせることで、人が持つ目標を達成するような影響を持つ運動や食事を理由も含めて勧めることが可能となる。また、ユーザの健康状態によっては、行うことに問題がある運動や食事に問題がある食事があることから、オントロジにおいて、運動や食事と、それぞれ行うことに問題がある健康状態を結びつけ、推論と組み合わせることで、行うことに問題がある運動や食事をアドバイスとして導出する。このとき、オントロジを用いた推論において、従来、表現されていない否定を導入することで、行うことに問題がある運動や食事は推奨するものとしては導出しないようにしている。オントロジを用いることで、推論で用いる知識の根拠や、知識の明示化が図れ、より信頼性のあるアドバイス提供が行える。

オントロジの表現には W3C (World Wide Web Consortium) で規定されている OWL (Web Ontol-

ogy Language)⁵⁾ を用いる。オントロジの具体的な記述には、オントロジ・エディタ Protégé⁶⁾ を使用する。推論ルールを設計する際には、オントロジと対応してルール記述可能な言語 SWRL (Semantic Web Rule Language)⁷⁾ を用い、それを実行可能とするため Jess⁸⁾ の形式に変換する。Jess は Java で記述された推論エンジンであり、Protégé で記述されたオントロジと高い互換性を持つ。また、Jess の推論方法は前向き推論を主体としており、導入する推論ルールも、その推論方法に基づいて設計する。これらを、Java プログラム技術、Web サーバ、DB エンジン、センサデバイス、モバイル端末と連携させることでシステム全体を構成している。

以上のように本研究では、健康と運動・食事というドメインでのオントロジを基盤とした支援システムの設計・実装において、既存の有用なツール群、技術群を効果的に組み合わせ使用し、システム化していることにも大きな特徴がある。支援システムの実装により、従来の情報提供システムでは各ユーザに合った情報提供を行うことが困難であったが、健康をドメインとしたオントロジを導入した本支援システムでは、各ユーザの目標や健康状態を考慮したアドバイス提供が行えるようになった。さらに、構築したシステムについて各種実験を行い、その実用性や有用性を評価・検証している。

検証結果から、本支援システムは、実用に耐えられるだけの性能があり、さらにはアドバイスの内容に関しても信頼性のあるものと評価した。このことから、本支援システムが人々の健康維持・促進につながると考えられる。

本論文では、この支援システムの設計と実装、およびその評価について述べる。以下、2章で支援システムの概要について述べ、3章でシステムの設計について説明する。4章ではシステムの実装について述べ、5章でシステムの評価を行い、その有用性を示す。最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 支援システムの概要

本研究で構築する支援システムの概要を図1に示す。ユーザは Web ページにアクセスして、あらかじめ名前や年齢、身長等の個人データを入力しておく。また、ユーザはセンサデバイスを装着し、それにより体重や血圧、体脂肪率や消費カロリー等、日々変化する動的な生体データを取得する。取得されたデータはモバイル端末を経由するか、もしくは手動で DB へ送られ、管理される。DB には、ユーザの各種データが

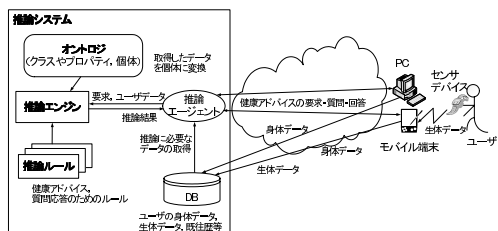


図1 システム概要

Fig. 1 System overview.

格納・管理される。名前や年齢、身長といった静的なデータを格納するテーブルはユーザID、ユーザ名、パスワード、名前、年齢、身長の6項目からなる。また、体重や血圧、体脂肪率等、動的なデータは別テーブルで管理される。各動的なデータを格納するテーブルは、ユーザID、測定日時、測定値の項目からなり、データの種類の数のテーブルを用意し、それぞれのユーザが定期的に測定するデータを格納していく。

これらのデータはアドバイス導出のために利用される。ユーザが健康アドバイスの要求や運動・食事等についての何らかの質問をした場合、システム中の推論エンジンは、DB中のユーザの年齢や身長等のデータ、センサデバイスで取得した脈拍や、血圧等のデータを取得し、推論エンジンに送信する。要求を受け取った推論エンジンは、あらかじめ与えられていたオントロジ、健康アドバイスや質問応答のためのルール、さらには受け取ったユーザデータをもとにして、推論を行い、ユーザの健康状態に適したアドバイスや、質問に対する適切な回答を導き出す。導出されたアドバイスや回答は、Webページ経由でユーザに提示される。

3. 支援システムの設計

3.1 健康と運動・食事に関するオントロジ

本システムにおいては、人間の健康状態と運動、食事との関わりを記述するためにオントロジを用いる。オントロジを利用することで、従来の知識ベースでは表現されていない概念の意味や概念間の関係を表すことができる。特に本研究においては、人間の身体データや運動、食事の影響等の意味を機械が理解し、より適切な健康アドバイスが導出できると期待される。

構築したオントロジの指針を述べる。まずオントロジを構築する範囲については、人に運動や食事のアドバイスを提供することを目的とし、人と運動、食事を中心の領域とする。まず人と運動との関わりについて注目し、その中で、どのようにして人に運動アドバイスを提供するかということを念頭におき、その中で重

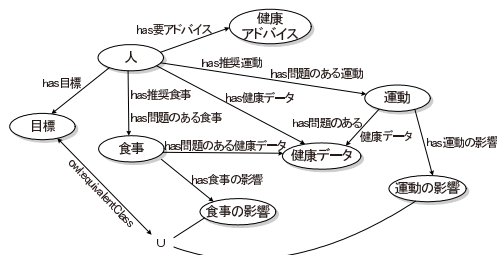


図2 健康と運動・食事に関するオントロジ

Fig. 2 Ontology about health, exercise and meal.

要な語句を概念化する。ここでは人が持つ目標を達成するような影響を持つ運動を推奨し、また健康データに悪影響を与える運動は推奨しない、といった考えから、人、運動、健康データ、目標、影響を概念と定義する。次にそれらの抽出した概念間にそれぞれ関係を定義していき、運動について基盤となるオントロジの構築を行う。また人と食事についても、運動と同様な方針をとることで、食事に関する基盤オントロジも構築でき、これらを合わせることで運動と食事に関する基盤オントロジを構築する。さらにより詳細なアドバイス提供を行うために、各クラスを詳細化していく。各クラスを詳細化していくうえで、オントロジ特有の語彙である `rdfs:subClassOf` を使用して、クラスの階層化を中心に行う。詳細化(概念化)の粒度については、本支援システムで特に対象としている高血圧と肥満の改善のためのアドバイス提供を念頭におき、決定する。具体的には、アドバイスとして運動の種類を提供するため、たとえば、運動を有酸素運動や無酸素運動等に分類・階層化し、ウォーキング等の具体的な運動をそれらの個体として与えるまでにしている。各運動の具体的な説明や方法等の詳細な情報についてはオントロジとしては表現せず、DBを用いて表現している。また、健康データについては、健康状態に適した運動の種類を特定するために必要となる身体データと病歴に分類し、具体的な身体データとして身長や体重、体脂肪率、最高血圧、最低血圧等を属性として与える。病歴は現病歴と既往歴に階層化し、それぞれ高血圧や肥満といった具体的な病気を持つような構造としている。

設計したオントロジの中核部分を図2に示す。オントロジの記述にはOWLを用いる。楕円は概念(クラス)を表し、クラス間の関係(プロパティ)は矢印で表現される。さらにプロパティ名が矢印に付与されている。

このオントロジにおいて、人は健康データと目標を持っている。また、人は運動(食事)といくつかの関

連がある．推奨される運動（食事）を has 推奨運動（has 推奨食事），行うことに問題のある運動（食事）を has 問題のある運動（has 問題のある食事）で示す．運動（食事）は運動の影響（食事の影響）を持ち，さらに，運動（食事）を行うのに問題のある健康データを持つ．健康アドバイスは人の目標達成のための運動（食事）についてのアドバイスを表している．目標と運動の影響（食事の影響）は同等クラスであり，ある人が行う運動の影響（食事の影響）が，その人の目標と一致することを想定している．また，図中では省略してあるが，健康データは身体データを持ち，身体データは身長，体重，血圧，BMI 等のデータ値をとるプロパティを持っている．さらに健康データは病歴を持ち，病歴は，現病歴，既往歴といったサブクラスを持つ．運動はサブクラスとして有酸素運動，無酸素運動，競技スポーツを持つ．

各クラスは実体（個体）を持っている．人は実際にシステムを利用するユーザを個体として持ち，健康データは各ユーザのデータを個体として持つ．運動は“ジョギング”，“筋力トレーニング”，“水泳”といった具体的な運動を個体として持ち，食事は“ご飯”，“野菜サラダ”といった具体的な食事を個体として持つ．目標の個体には“心肺機能を高めたい”，“減量したい”，“骨を丈夫にしたい”，“癌を予防したい”等があり，運動の影響の個体には“心肺機能を高める”，“筋力を高める”，“減量”等がある．食事の影響には“骨を丈夫にする”，“貧血を予防する”，“癌を予防する”等といったものが個体として存在する．健康アドバイスの個体には，“心肺機能を高めるためにジョギングをしましょう．”といった，具体的なアドバイスがある．

以下，健康データに関してはドメインを高血圧と肥満に絞り，議論する．

3.2 アドバイス導出のための推論ルール

前述したオントロジに基づいて健康アドバイスを提供する．具体的には推論エンジンがオントロジと推論ルールに基づいて推論を行い，適切な健康アドバイスを導出する．ここでは，アドバイスを導出するための推論ルールを導入し，その推論メカニズムについて述べる．

3.2.1 推論ルールの導入

適切な運動アドバイスや食事アドバイスを提供するために推論ルールを導入する．主なものとして，ユーザの目標に適合した運動（食事）を推奨するものと，ユーザの健康状態を考慮して，行うことに問題のある運動（食事）を提示するものがある．

推奨運動を導出する推論ルールは次のとおりである．

ルールは SWRL に準じた形式で記述する．すなわち，前提 \Rightarrow 結論

の形式で表現する．SWRL では否定は表現できないが，ここでは \sim を用いて否定を表す．この場合，ルール中のある要素 A が真と判定されることに失敗したときに $\sim A$ を真と解釈する（negation as failure）．

ルール PX

has 目標 (?p, ?g) \wedge 人 (?p) \wedge 目標 (?g) \wedge (I)
 owl:sameAs(?g, ?e) \wedge 運動の影響 (?e) \wedge (II)
 has 運動の影響 (?x, ?e) \wedge 運動 (?x) \wedge (III)
 \sim has 問題のある運動 (?p, ?x) (IV)
 \Rightarrow has 推奨運動 (?p, ?x) \wedge (V)
 has 要アドバイス (?p, “?p さん, ?g という (VI)
 目標を達成するために, ?x を推奨します”)

これは「ある人が目標を持ち (I)，その目標と同じ内容を表す運動の影響があつて (II)，ある運動がその影響を持っていて (III)，かつその人がその運動をすることに問題がない場合 (IV)，その人にその運動を勧める (V) ことを結論すると同時に，適切なアドバイスを行う (VI)」ということを示すルールである．

さらに行うことに問題のある運動を導出する推論ルールは以下ようになる．

ルール NX

has 健康データ (?p, ?h) \wedge 人 (?p) \wedge (1)
 健康データ (?h) \wedge
 has 問題のある健康データ (?x, ?h) \wedge (2)
 運動 (?x)
 \Rightarrow has 問題のある運動 (?p, ?x) \wedge (3)
 has 要アドバイス (?p, “?p さん, ?h という (4)
 健康データを持っていますので,
 ?x をしないことを勧めます”)

これは「ある人が健康データ（たとえば，心臓病）を持ち (1)，ある運動がその健康データを持っている人には問題がある場合 (2)，その人にその運動を勧めない (3) ことを結論すると同時に，適切なアドバイスを行う (4)」ということを示すルールである．

これらのルールは運動に焦点を絞ったものであるが，食事に関してはルール中の運動という語句の部分単に食事に代えることで同様に定義できる．

さらにこれら基本ルールに加えて，推論の際に必要な事実関係を設定し，推論結果の根拠を提示するためのルールも導入する．以下にその一部を示す．なおルール中「推論の根拠 (“...”)」とあるのは，推論によりアドバイスを導出したときに，その結果にいたるまでの過程を，推論の根拠として提示するためのもので，“...” に示す説明文をアドバイスの理由付けと

して、ユーザに提示することを意味する。

ルール (A) 体脂肪燃焼と血圧降下の影響を持つ運動を導出

有酸素運動 (?x)

⇒has 運動の影響 (?x, “体脂肪燃焼”) ∧

has 運動の影響 (?x, “血圧降下”) ∧

推論の根拠 (“この運動は有酸素運動です。有酸素運動は体脂肪を燃焼させ、血圧を下げる効果があります。息を切らさずに長時間行うことで効果が得られます。”))

ルール (B) 筋力増強と血圧上昇の影響を持つ運動を導出

無酸素運動 (?x)

⇒has 運動の影響 (?x, “筋力増強”) ∧

has 運動の影響 (?x, “血圧上昇”) ∧

推論の根拠 (“この運動は無酸素運動です。無酸素運動は筋力を増強させますが、息を止めて力むことで血圧が上がる可能性があるので注意が必要です。”))

ルール (C) 肥満改善の運動を導出

運動 (?x) ∧ has 運動の影響 (?x, “体脂肪燃焼”)

⇒has 運動の影響 (?x, “肥満改善”) ∧

推論の根拠 (“この運動を行うことで体脂肪が燃焼され、肥満が改善されます。”))

ルール (D) 他の肥満改善の運動を導出

運動 (?x) ∧ has 運動の影響 (?x, “筋力増強”)

⇒has 運動の影響 (?x, “肥満改善”) ∧

推論の根拠 (“この運動を行うことで筋力が増強されて体脂肪が燃えやすい体となり、肥満が改善されます。”))

ルール (E) 高血圧改善の運動を導出

運動 (?x) ∧ has 運動の影響 (?x, “血圧降下”)

⇒has 運動の影響 (?x, “高血圧改善”) ∧

推論の根拠 (“この運動には血圧を下げる効果があり、高血圧が改善されます。”))

ルール (F) 高血圧に悪影響を持つ運動を導出

運動 (?x) ∧ has 運動の影響 (?x, “血圧上昇”)

⇒has 問題のある健康データ (?x, “高血圧”) ∧

推論の根拠 (“この運動は行うことで血圧が上がる可能性があるため、高血圧の方にはお奨めできません。”))

上述したルール以外にも、ユーザの問合せに応じて、肥満であるかどうか、高血圧であるかどうか、メタボリックシンドロームであるかどうか等を判定するルールや、減量プランを提示するルールがある。

3.2.2 推論のメカニズム

導入したルールに基づいて推論を行う。ここではそのメカニズムについて説明する。

ユーザが目標を設定して、アドバイスを要求した場合、推論エンジンはまずユーザのデータを事実として設定し、同時に肥満や高血圧であるかどうかの判定を行い、その事実関係も設定する。推論を実行すると、まず運動の各サブクラスに対して、それぞれどのような影響があるかという関係を設定するようなルールが発火する。次に、各運動を行うことで、ユーザにどのような影響があるか、またはその運動を行うことに問題のある健康データを設定するようなルールが発火する。その後、ルール NX が発火し、ユーザの健康状態によっては、行うことに問題がある運動が導出され、ユーザの要求によってはその運動が提示される。そしてルール PX が発火し、ユーザの目標に合った推奨運動が導出される。このとき、ルール PX の前提条件により、ルール NX によって導出された運動は、推奨運動としては導出されない。

以下に例をあげて詳しく説明する。仮定する事実関係を次に示す。

事実関係

⇒人 (“A さん”) (1)

⇒目標 (“肥満を改善したい”) (2)

⇒has 目標 (“A さん”, “肥満を改善したい”) (3)

⇒有酸素運動 (“ウォーキング”) (4)

⇒無酸素運動 (“筋力トレーニング”) (5)

⇒運動の影響 (“肥満改善”) (6)

⇒owl:sameAs (“肥満を改善したい”, “肥満改善”) (7)

⇒運動の影響 (“体脂肪燃焼”) (8)

⇒運動の影響 (“血圧降下”) (9)

⇒運動の影響 (“筋力増強”) (10)

⇒運動の影響 (“血圧上昇”) (11)

⇒運動の影響 (“高血圧改善”) (12)

⇒健康データ (“高血圧”) (13)

ここでは、有酸素運動の個体としてウォーキングを、無酸素運動の個体として筋力トレーニングを定義している。今、有酸素運動と無酸素運動は、運動のサブクラスとして定義しているため、オントロジのクラス階層の性質により、ウォーキングと筋力トレーニングは運動の個体でもある。したがって、この場合に推論エンジンが推論を実行すると、事実 (4), (5) より、ルール (A), (B) が発火し、その結果、以下のような関係が事実として設定される。

⇒has 運動の影響 (“ウォーキング”, (14)

“体脂肪燃焼”)

⇒has 運動の影響 (“ウォーキング”, (15)
“血圧低下”)

⇒has 運動の影響 (“筋力トレーニング”, (16)
“筋力増強”)

⇒has 運動の影響 (“筋力トレーニング”, (17)
“血圧上昇”)

次に事実 (4), (5) と追加された事実 (14) ~ (17) より, ルール (C) ~ (F) が発火し, その結果, 以下のような関係が事実として設定される.

⇒has 運動の影響 (“ウォーキング”, (18)
“肥満改善”)

⇒has 運動の影響 (“ウォーキング”, (19)
“高血圧改善”)

⇒has 運動の影響 (“筋力トレーニング”, (20)
“肥満改善”)

⇒has 問題のある健康データ (21)
 (“筋力トレーニング”, “高血圧”)

次にルール NX が適用されるが, この場合, 前提条件が成立しないので, このルールは発火せず, 行うことに問題がある運動は導出されない. 最後にルール PX において, 事実 (1), (2), (3) より前提 (I) が成立し, 事実 (6), (7) により前提 (II) が成立する. さらに事実 (4) と, 追加された事実 (18) によりルール PX の前提 (III) が成立する. このとき, has 問題のある運動 (“A さん”, “ウォーキング”) は満たされないため, 前提 (IV) が成立する (negation as failure). よってルール PX の前提部分はすべて成立し, 結論部分より, ウォーキングが推奨運動として導出される. さらに推論の根拠として「この運動は有酸素運動です. . . , 肥満が改善されます.」という内容がアドバイスの理由として提示される. またこの場合は同様にして, 筋力トレーニングも推奨運動として導出される.

次に, この例において, 以下のような事実関係を追加する.

⇒has 健康データ (“A さん”, “高血圧”) (22)

このときに推論を実行した場合, 前に述べた例と同様にルール (A) ~ (F) が次々と発火し, 事実 (14) ~ (21) が設定される. このとき, ルール NX において, 事実 (1), (13), (22) より前提 ① が成立する. また事実 (5), (21) により, 前提 ② が成立する. よってルール NX が発火し, 以下の事実関係が設定される.

⇒has 問題のある運動 (“A さん”, (23)
“筋力トレーニング”)

そしてルール PX が発火し, 前述の例のようにウォー

キングは推奨運動として導出されるが, 筋力トレーニングに関しては, 事実 (23) より, ルール PX の前提 (IV) が成立せず, 推奨運動としては導出されない.

このように, 複数のルールを効果的に組み合わせ使用して推論することにより, ユーザの目標や健康状態に適合した運動を推奨したり, 行うことに問題のある運動を導出したりしていくと同時に, その推論結果にいたる過程を, そのアドバイスの根拠としてユーザに提示する. また, 推論ルールに否定を導入することで, 行うことに問題のある運動は推奨運動として導出しないようにしている.

3.3 その他アドバイスの提供

前述したように, 推論ルールにより導出されるアドバイスとして, 推奨運動があるが, 具体的な方法や頻度についてまでは導出されない. そこで, より詳細な運動アドバイスを提示するために, 運動 DB の構築を行う. 運動 DB には, 各種運動の情報を格納する運動テーブルがある. 運動テーブルは運動 ID, 名前, 説明, 効果, 方法, イラストの項目から構成されており, ユーザの要求に応じて, システム中の推論エージェントが各運動についてのより詳細なアドバイスを DB から取得し, 提示する. このとき, たとえばウォーキングの方法には, “. . . \$name\$さんは\$age\$歳なので, 心拍数が毎分\$heartRate\$ 回になるように行うと良いでしょう. . .” のように記述されている. 実際に運動アドバイスを提供する場合, 推論エージェントが, “\$” に挟まれた文字列を利用者の情報に変換して表示する. また同じ運動でもユーザの年齢によっては方法が違ってくる場合がある. このような場合にユーザの年齢に応じて適切な方法や頻度を提示させるために, 個人アドバイステーブルを作成する. このテーブルは運動 ID, 年代, 具体的なアドバイスの項目から構成されており, それぞれの運動と年齢に応じたアドバイスが格納されている.

また, これ以外にも, ユーザに合った減量プランをアドバイスとして提示する. これはまずユーザの身長から目標体重を決める. そこから 1 カ月あたりの目標減量を決め, さらに 1 日あたりの消費カロリーを算出する. 求めた消費カロリーを運動と食事に割り振り, それぞれのカロリーを消費する運動量と, 減らすべきカロリー分の食事の目安を表示する. また, 計画的に減量した場合の予想減量グラフも表示する. さらにユーザには定期的に, 体重や消費カロリーを測定し, センサデバイスから自動的に, あるいは手動で入力してもらい, その情報によっては, プランの内容を自動的に調整したり, ある一定期間ごとのプランを提示し

たり、これまでの経過を参照できるようにしている。

このように、本支援システムでは、ユーザの様々な要求に応じた適切なアドバイスを提供する。

4. 支援システムの実装

上述の設計に基づいて、支援システムの実装を行う。センサデバイスにはインテリジェントモニタ i-moni、モバイル端末には FOMA M1000 を使用する。i-moni は歩数をカウントすると同時に、加速度や気圧等から歩行状態や走行状態、階段の上り下り等、人の動きを把握し、それに応じて、自動的に消費カロリーや運動強度を算出する。求めたデータは Bluetooth 通信によって FOMA M1000 に送信される。FOMA M1000 では送られたデータを DB に送信する。DB エンジンには MySQL を使用する。

オントロジの記述にはオントロジ・エディタ Protégé を使用する。図 3 に前章で述べたオントロジを Protégé で記述している様子を示す。図中左側にはクラス階層が表示されており、ここでクラスの定義を行う。図中右側には選択したクラスのプロパティが表示されており、ここでは運動クラスが持つプロパティが表示されている。同様に個体の定義も行う。Protégé を用いると、OWL の構文を意識することなく、容易にオントロジの記述を行え、その内容をチェックすることができるため、本研究では Protégé を積極的に採用した。

さらに Protégé を用いてオントロジを記述し、内容を確認した後、推論エンジンである Jess で処理可能な形式に変換する。Jess は Protégé で記述するオントロジと密な親和性を持っており、本研究での推論にうまく適合している。以下に前章で述べたオントロジの Jess 形式の一部分を示す。

```
(deftemplate owl:Thing (slot name))
(deftemplate 人 extends owl:Thing
```

```
(slot 性別)
(slot 年齢 (type INTEGER))
)
(deftemplate 目標 extends owl:Thing)
(deftemplate 健康データ extends owl:Thing)
(deftemplate 運動 extends owl:Thing)
(deftemplate 有酸素運動 extends 運動)
(deftemplate 無酸素運動 extends 運動)
(deftemplate 運動の影響 extends owl:Thing)
deftemplate でクラスを作成する。extends で、クラスの継承も行える。プロパティに関しては、個体についてそれぞれ設定する。以下で、個体とその関係の定義を行う。
(assert (目標 (name 肥満を改善したい)))
(assert (目標 (name 高血圧を改善したい)))
(assert (目標 (name 肥満改善の減量プラン
                が欲しい)))
(assert (目標 (name 自分に合わない運動が
                知りたい)))
(assert (運動の影響 (name 肥満改善)))
(assert (運動の影響 (name 高血圧改善)))
(assert (sameAs 肥満を改善したい
                肥満改善))
(assert (sameAs 高血圧を改善したい
                高血圧改善))
(assert (有酸素運動 (name ウォーキング)))
(assert (無酸素運動 (name 筋力トレーニング)))
```

ここでは、目標クラスと運動の影響クラスの個体を作成して、それぞれ sameAs という関係で結び付けている。また、有酸素運動の個体としてウォーキングを、無酸素運動の個体として筋力トレーニングを、それぞれ定義しているが、有酸素運動と無酸素運動は、運動のサブクラスとして定義しているため、Jess は、ウォーキングと筋力トレーニングは運動の個体としても認識する。このように、Jess はオントロジにおける階層関係を容易に表現することができる。

また、各ルールも同様にして、Jess 形式で記述する。以下に例として、体脂肪燃焼と血圧降下の影響を持つ運動を導出するルール (Rule A) を示す。推論の根拠を導出するために、「has 推論の根拠 1」というプロパティを与えて、運動を行うことによる影響の説明文を関連付けている。

```
(defrule RuleA
(有酸素運動 (name ?x))
=>
(assert (has 運動の影響 ?x 体脂肪燃焼))
```

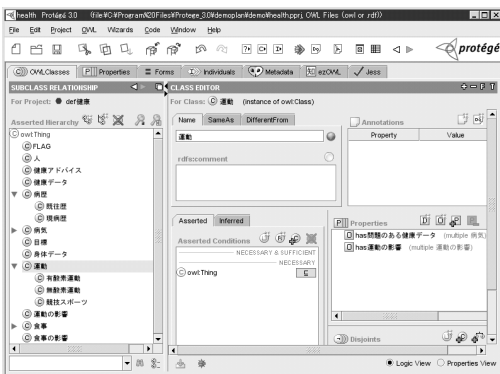


図 3 Protégé によるオントロジの記述

Fig. 3 Definition of the ontology by using Protégé.


```
(assert (has 運動の影響 ?x 血圧低下))
(assert (has 推論の根拠 1 ?x この運動は有酸素運動です．有酸素運動は体脂肪を燃焼させ，血圧を下げる効果があります．息を切らさず長時間行うことで効果が得られます．))
```

上のルールと関連して，肥満改善の運動を導出するルール (Rule C) を Jess 形式で記述すると以下のようになる．推論の根拠を導出するために，「has 推論の根拠 2」というプロパティを与えて，各運動と影響名，そして行うことにより得られる効果についての説明文を関連付けている．

```
(defrule RuleC
  (and
    (運動 (name ?x))
    (has 運動の影響 ?x 体脂肪燃焼)
  )
=>
  (assert (has 運動の影響 ?x 肥満改善))
  (assert (has 推論の根拠 2 ?x 肥満改善 この運動を行うことで体脂肪が燃焼され，肥満が改善されます．))
)
```

次に，ルール NX とルール PX の Jess 形式を以下に示す．

```
(defrule RuleNX
  (and
    (人 (name ?p)) (健康データ (name ?d))
    (has 健康データ ?p ?d)
    (病気 (name ?i)) (has 病歴 ?d ?i)
    (運動 (name ?x))
    (has 問題のある健康データ ?x ?i)
  )
=>
  (assert (has 問題のある運動 ?p ?x))
)
(defrule RulePX
  (and
    (人 (name ?p)) (目標 (name ?g))
    (has 目標 ?p ?g)
    (運動 (name ?x)) (運動の影響 (name ?e))
    (has 運動の影響 ?x ?e) (sameAs ?g ?e)
    (not (has 問題のある運動 ?p ?x))
    (has 推論の根拠 1 ?x ?s)
    (has 推論の根拠 2 ?x ?e ?k)
  )
)
```

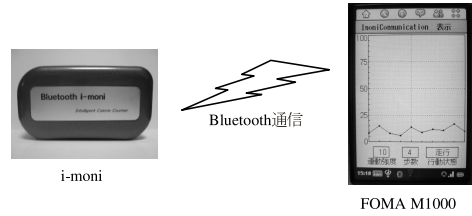


図 4 運動強度の測定
Fig. 4 Measurement of exercise intensity.

```
=>
(assert (has 推奨運動 ?p ?x))
(bind $?*result* (str-cat ?*result* $
  ?p"さん，"?"e"のために"?x"を推奨します."
  ?k ?s))
)
```

ルール NX で，行うことに問題のある運動を導出し，ルール PX では，推奨運動を導出する．このとき，ルール NX で導出された運動は，推奨運動としては導出されない．また，その他ルールにより追加された推論の根拠を取得し，それを “?*result*” という Jess の変数に格納し，これをアドバイスの理由としてユーザに提示する．これらに示す Jess 形式で記述したオントロジと推論ルールは Jess にあらかじめ入力しておく．

推論エンジンに推論の実行を促し，得られた推論結果をユーザに提示するには，推論エージェントを実装して行う．推論エージェントはユーザから健康アドバイスの要求があると，DB から推論に必要なユーザデータを取得し，推論エンジン中の事実を設定する．そして推論エンジンに推論の実行を促し，推論エンジンから得られた推論結果を健康アドバイスとして Web ページ上に提示する．

以下に支援システムの実行例を示す．まずユーザはアドバイス導出のために必要とする身体データを入力する必要がある．この際，ユーザの利便性を考えると，センサデバイスによる自動取得が望ましいが，必要に応じて，ユーザ自身が手入力でデータを与える．この例では，センサデバイス i-moni を使用する．これらデバイスにより，運動強度や消費カロリーといったデータが自動的に取得され，モバイル端末 FOMA M1000 に送られ，閲覧できる．図 4 は i-moni により測定したデータを FOMA M1000 で提示する様子を示している．図中のグラフの縦軸は運動強度を，横軸は時間を表しており，1 秒ごとの運動強度や歩数，さらには測定時の行動が示されている．測定が終了すると，データは自動的に FOMA M1000 から推論エージェントへ

表 1 アドバイスの満足度についてのアンケート結果
Table 1 Questionnaire result about satisfaction level for advices.

	満足	普通	不満足
運動アドバイスの満足度	7	7	0
詳細アドバイスの満足度	1	13	0

アドバイスの満足度に関して回答した 14 名分のアンケート結果を表 1 に示す。表から分かるようにアドバイスの内容については全員が普通、もしくは満足したという意見であった。その主な理由としては、ユーザの健康状態や目標を考慮したアドバイス提供が行えていることがあげられた。例として、同一ユーザが「肥満を改善したい」と「高血圧を改善したい」という異なる目標を選択したときに導出されるアドバイス内容を図 8 に示す。図 8 (a) には「肥満を改善したい」という目標を選択した場合のアドバイスを、同図 (b) には「高血圧を改善したい」という目標を選択した場合のアドバイスを示している。図から分かるように、それぞれの目標に応じてアドバイス内容やその提示理由が変化している。本支援システムに導入したオントロジにおいて、目標と運動の影響を等価な関係と定義したことで、各目標と一致する影響を持つ運動を推論により導出することが可能となった。このことから各目標に合った健康アドバイスが導出されることが可能となったといえる。

また、健康状態の異なるユーザがそれぞれ同じ目標を選択した場合に導出されるアドバイス内容を図 9 に示す。図 9 (a) には正常血圧ユーザが、同図 (b) には高血圧ユーザが、それぞれ「肥満を改善したい」という目標を選択したときに表示されるアドバイス内容を示している。図から、正常血圧ユーザには腕立て伏せや筋力トレーニング等の負荷が高い運動が推奨されているが、高血圧ユーザにはそれら負荷がかかる運動は推奨されていないことが分かる。本システムに導入したオントロジにおいて、運動には行うことに問題がある健康状態があると定義しており、推論ルールによって各ユーザの健康状態に応じて、行うことに問題がある運動を導出している。また推奨運動を導出する推論ルールにおいて、否定を導入することで、行うことに問題がある運動は推奨運動としては導出されない。このように本支援システムでは、ユーザの健康状態や目標を考慮して、推奨運動や非推奨運動をアドバイスとして、理由も含めて導出することが可能となっている。

さらには、各運動の詳細なアドバイスにおいては、ユーザの年齢や性別等に応じて、適切なものとなるよう、アドバイスの内容を変えており、よりきめ細かい

アドバイスが提示されていることがあげられた。また、Web ページ上でいつでも手軽にアドバイスを得ることができるということも好評の要因としてあげられた。

選択できる目標の種類や、提示される運動の種類は全体的に少ないという意見が見られた。現在の支援システムは、肥満と高血圧の改善に焦点を当てて構築した知識を使用しているプロトタイプシステムであるため、目標やアドバイスの種類は豊富ではないが、これは病気や運動に対して領域を広げ、それら知識を拡張していくことで改善することができる。さらには、「各自に合った運動量や運動時間、その消費カロリーをより具体的に提示してほしい」という意見が見られた。これは各運動の情報を格納している DB の内容をより詳細にしていくことで、改善できる。

システムが提供するアドバイスの内容や各種情報については、厚生労働省等信頼のある機関から提供されている情報をもとに作成した。さらに、専門家の協力のもと、内容の確認・修正を行った。このことから、アドバイスの内容も信頼性のあるものとなっているといえる。

5.2 オントロジによる利点

5.2.1 信頼性

オントロジを利用することで、健康や運動等の領域における概念とその関係の定義を含めた知識を構成することが可能となった。従来の知識ベースでは“A さん”や“ウォーキング”等の個体に「意味付け」がされておらず、それらの間にも自由に関係を記述することができる。したがって、矛盾した知識や間違った知識を記述する可能性がある。しかしオントロジを利用することで、“A さん”は“人間”で、“ウォーキング”は“運動”である等のように各個体に対して「意味付け」を行うことができる。また概念的に“人間”と“運動”との間になんらかの関係を定義した場合（たとえば、推奨運動等）、それら個体間の関係についても概念間で定義した関係に基づいて記述され、概念間で定義されていない関係は記述できない。つまり“A さんは運動を持つ”等のように矛盾した知識や間違った知識の記述の低減につながる。このことから、より信頼性のある知識を明示的に表現でき、さらにその知識に基づいてアドバイスを生成することで、より信頼性の高いアドバイスを導出・提供することができるといえる。

5.2.2 記述量・柔軟性

オントロジ特有の語彙である、

- `rdfs:subClassOf`
- `owl:sameAs`

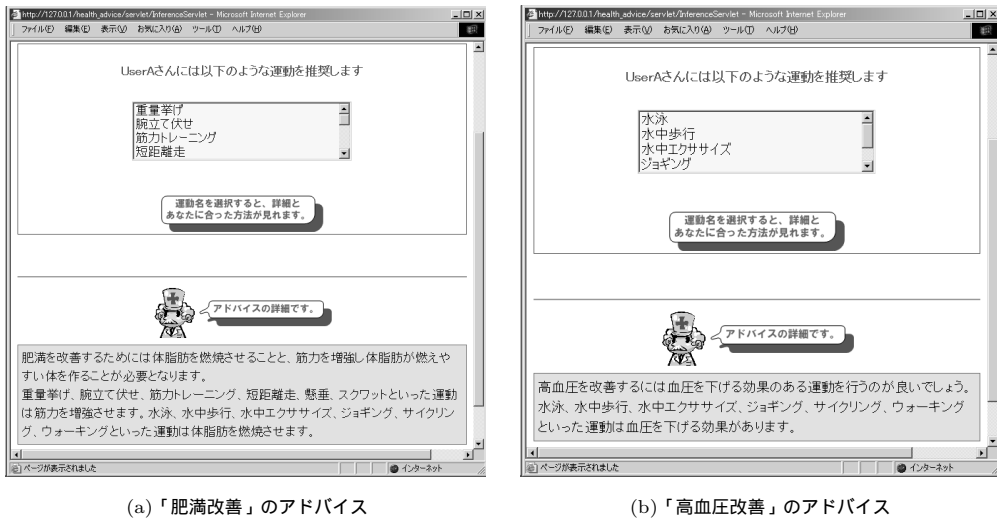


図 8 目標ごとに応じたアドバイス提供
Fig. 8 Advices based on the user's goal.

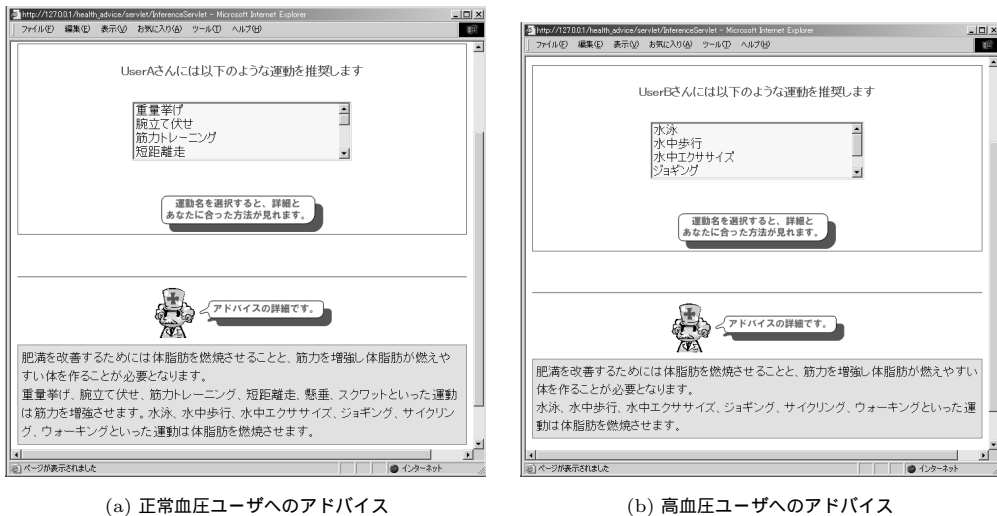


図 9 健康状態を考慮したアドバイス提供
Fig. 9 Advices according to the health condition of the user.

を利用することで、階層関係や同一性を表現することができ、さらに推論を組み合わせることで概念間関係をたどり、明示的に記述されていない事象への対処が可能となる。これは、各ユーザの健康状態とその対処を断定的に記述する方法と比較して、対応可能な状況の幅が広いという利点がある。また、厳密に事実関係を想定しながら網羅的に知識を記述する必要がないため、全体の知識の記述量も低減した。

また、本研究では用いていないが、

- owl:inverseOf (反対関係)
- owl:TransitiveProperty (推移関係)
- owl:SymmetricProperty (対称関係)

といったオントロジ特有の語彙を組み合わせることで推論に利用することで、より柔軟で知的な知識体系を記述することができる。

5.3 性能試験

本研究では支援システムの実用性を評価するために、性能試験を行った。一般的に、Web ページが表示されるまで、3 秒以内でないユーザは待たされている印象を受けるといわれている（このことは 3 秒ルールといわれている）。そこで、今回は 3 秒以内に応答が返ってくることを基準と定め、試験を行った。試験環境を図 10 に示す。小規模から中規模の LAN 環境において、100 名のユーザが同時にアドバイスを要求す

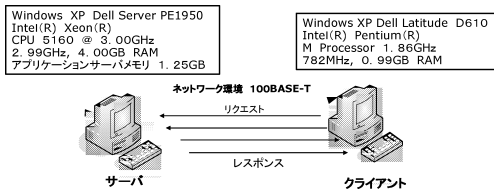


図 10 試験環境
Fig.10 Test environment.

表 2 性能試験で使用するユーザデータ
Table 2 User data used in the performance test.

	正常血圧ユーザ	高血圧ユーザ
名前	A	A
年齢	22	22
性別	男性	男性
身長 (cm)	175	175
体重 (kg)	60	60
体脂肪率 (%)	10	10
最高血圧 (mmHg)	120	140
最低血圧 (mmHg)	75	120

ることを想定する．具体的方法としては、まず、サーバに支援システムを構築する．そしてクライアントから、本システムの典型的なアドバイス要求の1つである「肥満を改善したい」という目標を選択して、健康アドバイスを要求・取得する．これを1リクエストとして、クライアントからサーバに1秒間あたり N 個のリクエストを送信し、それを50回繰り返したときの応答に要した最大時間と平均時間を測定する．表2に、使用するユーザデータを示す．試験では、推論パターンが違うことから、ユーザデータとして、正常血圧の場合と、高血圧の場合の2パターンを測定する．また、オントロジの規模は、クラス数が15個、あらかじめ与えている個体が103個（うち運動クラスの個体は14個）であり、25個の推論ルールを用意した．

図11に1秒間あたりのリクエスト数に対するサーバの平均応答時間を示す．図から分かるように、正常血圧のときよりも、高血圧のときの方が、レスポンスに時間がかかっている．これは、3.2.2項で述べたように高血圧の場合は、行うことに問題がある運動を導出することから、発火するルール数が増える．そのため、推論により時間がかかったためである．事実、高血圧の場合はルールが57回発火し、正常血圧の場合は52回、ルールが発火した．この場合、どちらのケースでも、1秒間のリクエスト数が100回の場合でも、応答時間が1秒以内となっており、十分、実用化に耐えられることが分かった．

リクエスト数に対するサーバの最大応答時間についても評価を行った．図12にそのグラフを示す．図か

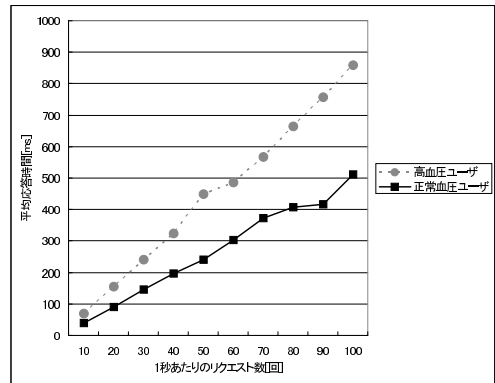


図 11 1秒あたりのリクエスト数に対する平均応答時間
Fig.11 Average response time vs. number of requests per second.

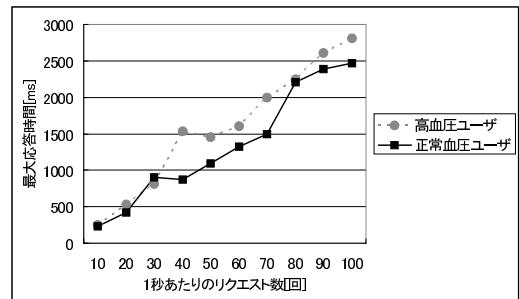


図 12 1秒あたりのリクエスト数に対する最大応答時間
Fig.12 Maximum response time vs. number of requests per second.

ら分かるように、1秒間のリクエスト数が100回の場合でも、最大応答時間は3秒以内に収まっている．これは、100名のユーザが同時に健康アドバイスを要求した場合でも、ユーザは待たされていると感じることなくアドバイスを取得することができることを意味している．

5.4 関連研究との比較

本研究で利用したProtégéは一般的なオントロジ開発ツールである．オントロジを用いた知識モデリングの開発環境には、外部プログラムとの統合が必須である．問題解決システム等の外部システムとの統合は、オントロジの開発と知識モデリングツールにとってますます重要となる．Protégéと他のプログラムとを結合した知識モデリングツールに関する研究がいくつか存在する^{9),10)}．

これらの文献では、いずれもProtégéとJessとの関連性に着目し、Protégéで記述したオントロジや推論ルールをJessにマッピングし、実際に推論を行うためのフレームワークを構築している．さらにfamilyオントロジを用いて、その推論の実行例について述べて

いる。しかし、これらの既存研究で開発されたフレームワークを使用した場合、マシンに膨大な負荷がかかり、システムのパフォーマンスが大幅に低下する。その結果、推論時間に関して、筆者らが実際に測定した結果では1リクエストあたり2秒、2リクエストあたりでは11秒を要し、実用性の観点から課題がある。

一方、本研究ではOWL、SWRLとJessの相互関係に注目し、OWL、SWRLで表現されたオントロジや推論ルールの記述内容を保存したままJessにマッピングを行い、推論を可能にした。また、性能試験より、構築したシステムが実用に耐えうるものと評価した。

医療を領域としたオントロジ構築に関する研究もある¹¹⁾。そこでは、Protégéを用いて透析と移植オントロジの構築を行い、OWL DLにおける利点や制限について述べている。また、セマンティック・ウェブ技術を医療や健康に応用した研究がいくつかある。その例として、脳疾患の症例管理¹²⁾がある。これは各種アプリケーションのデータを相互運用するためにRDFを用いている。また、本研究ではセマンティック・ウェブ技術を用いてユーザの要求に基づいたアドバイスを導出しているが、同様にセマンティック・ウェブ技術を利用してユーザの要求から専門医を検索するサービス¹³⁾もある。

これらはいずれもあらかじめ与えられていたオントロジのみの事実関係をたどり、情報提供を行っているため、柔軟性に欠ける。それに対して、本研究では、オントロジと推論を組み合わせることで、オントロジに新たな事実関係を追加し、あらかじめ与えられている事実と新たに追加された事実関係に基づいてアドバイスを提供している。このことから、本研究ではより幅広く柔軟な状況に対応したアドバイス提供が可能になったといえる。

5.5 本支援システムにおける工夫点

5.5.1 オントロジ・推論ルールの記述・設計にあたっての工夫点

本研究では、オントロジを利用し、健康や運動に関する知識の体系化を行った。具体的には健康や運動等の領域に関する重要概念をクラスとして表現し、それら概念間の関係や属性をプロパティとして定義した。さらに個体により、各概念を具体化した。また、オントロジの特徴でもある、階層関係を効果的に利用した。たとえば、運動の下位クラスとして有酸素運動や無酸素運動を定義した。これにより、運動クラスで定義した概念的な性質や関係を、有酸素運動や無酸素運動等の下位クラスも暗黙に保持することができ、より柔軟な知識表現となっている。プロパティに関しても、個

体間の関係を定義するオブジェクトタイププロパティと属性を表すデータタイププロパティを必要に応じて使い分けて、定義した。オブジェクトタイププロパティはクラスにおける個体間の関係を表し、データ値をとることはできない。それに対して、データタイププロパティは数値や文字列等のデータ値(リテラル)をとるが、個体どうしを結びつけることはできない。これら2種類のプロパティを使い分けることで、各プロパティがどのような値をとるのかを明示的に表すことができる。

さらにこれらの性質を利用して、推論ルールの設計を行った。設計した推論ルールでは、クラスや個体、プロパティが成立することを前提条件にして、ルールを発火させ、それによって新たな事実関係を導出する。このとき、上位クラスの個体であるという前提条件を導入することで、下位クラスも含めて持つ共通の性質や個体を条件に発火させることができる。これら性質を生かした様々な前提条件を導入した複数の推論ルールを導入することで、各条件に基づいて推論ルールが連鎖的に発火し、最終的にユーザの要求に合った運動を推奨するアドバイスを導出している。またこの際、アドバイスの根拠をより明確にするために、推論過程もあわせて提示するようにルールを設計している。また、プロパティにおいて、データタイププロパティをしていた場合は、そのプロパティがとる数値についての比較、演算を行うこともできることから、身長や体重、血圧等をデータタイププロパティとして与え、それら値を比較、演算することで高血圧や肥満の判定を行うような推論ルールを導入した。

5.5.2 オントロジを用いた推論システムの実装にあたっての工夫点

設計・記述したオントロジならびに推論ルールを用いて実際に推論を実行する推論システムの実装を行った。推論システムの中核となる推論エンジンにはJessを使用している。オントロジや推論ルールはOWL、SWRL等の言語を利用し、記述している。OWLとはW3Cによって規定された標準的なオントロジ記述言語である。SWRLはW3Cによって標準化されたルール言語であり、オントロジに基づいてIf-then形式で記述される。JessはJavaで記述された高速軽量のルールエンジンであり、エキスパートシステムを構築するために用いられてきた。これらは異なる機関・団体で規定・構築されたが、高い関連性を持っており、OWLで表現されたクラスやプロパティ、さらには個体等の記述やSWRLで表現された推論ルールを、その性質を保持したままJessで扱うことができる。また

OWLの特徴の1つである階層関係も、Jessで表現可能である。このようにOWL、SWRL等の言語で記述したオントロジや推論ルールを、Jessというツールにマッピングすることで、言語レベルで表現された内容を保持したまま、ツールレベルでの推論の実行を可能としている。これらの関連性に着目し、OWL、SWRLで表現された内容を自動的にJessにマッピングするフレームワークを構築した研究もある^{9),10)}。これらフレームワークを使用することで、OWL、SWRLによって表現されたクラスやその階層関係、個体、オブジェクトタイププロパティならびにそれらを含んだ推論ルール等をJessに自動的にマッピングし、推論を実行可能としている。しかしこれらのフレームワークでは、データタイププロパティや値比較を含むルール等に関しては自動的にマッピングすることができず、さらには手続き型の処理を呼び出すルールやJessの変数を使用して推論の過程をとらえる処理を加えた推論ルールに関してはフレームワーク上で記述することができない。また5.4節で述べたように、これらのフレームワークは実用性の観点から課題がある。そこで本研究ではこれらのフレームワークで行っている自動変換を参考にし、OWL、SWRLで記述したオントロジならびに推論ルールを手動で変換し、Jessで実行可能な形式とした。また、アドバイス導出の際に、アドバイスの根拠を示す推論過程を提示するためにJessの変数を利用した。各推論ルールが発火した際に、ルールごとの説明文をJessの変数に追加・格納することで推論過程を保持し、最終的にその変数の内容をアドバイスの根拠として、図6の左側に示すウィンドウの下部に提示している。またJavaクラスのメソッドを呼び出せるというJessの特性を利用し、新たな事実関係を追加するだけでなく、各種手続き(たとえば、目標体重や減量分の体重、目標日数等を含めた減量プランの算出)を呼び出すような推論ルールの実装も行った。

5.5.3 他のシステムとの連携にあたっての工夫点

本支援システムにおける特徴として、オントロジに基づいた推論システムをDBシステムと連携している点があげられる。本支援システムではユーザの健康状態や運動の影響等の関連に関する知識を、オントロジを用いて表現している。オントロジは概念的な定義・関係を容易に記述することが可能で、より高度な知識表現が可能であるが、ユーザが利用した時点の健康状態を表現するオントロジ自体に、体重や血圧等の日々変化する値をあらかじめ与えておくことは適切ではない。また不特定多数のユーザが使用するシステムにお

いて、年齢や性別等、各ユーザの個人情報をあらかじめオントロジに個体として与えておくことは柔軟性に欠ける。そこで本支援システムにおいては、運動や健康状態における概念的な一般知識と、各運動の種類や具体的な目標等長期にわたってさほど変化しない事実関係に関しては、知識表現力の高いオントロジとしてあらかじめ与えておき、そのほか、時間経過とともに短期間で変化するユーザの情報に関しては、データの保守性の高いDBで管理するシステム構成を採用した。実際にユーザが健康アドバイスを要求した場合は、DBからユーザの情報を取得し、それをオントロジの個体として与えて推論を実行することで、ユーザの目標や健康状態を考慮したアドバイス提供を行う。

また同様なことから、各ユーザや運動ごとに変化する効果や方法等の説明文をオントロジとして格納しておくのは適切ではない。したがって各運動の詳細な情報をDBで管理している。推論結果より導出された推奨運動に対して、ユーザがより詳細な情報を求めると、その運動とユーザ情報に合った詳細情報をDBから取得し、図6右側に示すように各ユーザに適した詳細な運動情報として提示する。

このように本支援システムでは、知識表現力の高いオントロジと、データの保守性の高いDBを組み合わせることで、効率の良いアドバイス提供を行うことが可能としている。

6. む す び

本論文では、生活習慣病改善への支援を目的とした健康支援システムの設計と実装について述べた。本支援システムは、ユーザの身体データを取得し、オントロジと推論の組合せを用いて、そのデータにあった運動や減量プランを導出し、アドバイスとして提供する。これにより、ユーザは容易に自分に適合したアドバイスを取得することが可能となる。

今後はユーザの様々な健康状態に応じて、より多様なアドバイスを導出できるようオントロジを拡張していく。たとえば、オントロジに時間的概念を導入し¹⁴⁾、ユーザの健康状態の時間的変化に応じたアドバイスを提供すること等が考えられる。

謝辞 本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度で採択された「健康福祉のための先進的エージェント・ネットワークに関する研究」、および日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(A)「人・社会・環境と情報システムが共生するためのネットワークコンピューティング技術」(課題番号:19200005)の援助を受けて実施した。

また、本研究の推進にご協力いただいた、(財) 仙台応用情報学研究振興財団理事長・野口正一先生、宮城大学・富樫敦教授、吉田俊子教授、(株)サイエンティア・板橋吾一氏、筑波大学大学院・栗山大氏、ならびに仙台電波高専・三浦祐太郎氏、安田尚史氏、四倉涼氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 厚生労働省：健康。
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/index.html>
- 2) 健康・体力づくり事業財団：健康ネット。
<http://www.health-net.or.jp/>
- 3) 神崎正英：セマンティックウェブのための RDF/OWL 入門，森北出版 (2005)。
- 4) 溝口理一郎：オントロジー研究の基礎と応用，人工知能学会誌，Vol.14, No.6, pp.977-988 (1999)。
- 5) W3C: OWL Web Ontology Language Reference. <http://www.w3.org/TR/owl-ref>
- 6) 上田俊夫，池田 満：オントロジーエディタ Protégé-OWL を使った OWL オントロジー構築，人工知能学会誌，Vol.21, No.4, pp.446-454 (2006)。
- 7) W3C: SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>
- 8) Kopena, J.B. and Regli, W.C.: DAMLJessKB: a Tool for Reasoning with the Semantic Web, LNCS, Vol.2870, pp.628-643 (2003)。
- 9) Golbreich, C.: Combining Rule and Ontology Reasoners for Semantic Web, LNCS, Vol.3323, pp.6-22 (2004)。
- 10) O'Connor, M., Knublauch, H., Tu, S., Groszof, B., Dean, M., Grosso, W. and Musen, M.: Supporting Rule System Interoperability on the Semantic Web with SWRL, LNCS, Vol.3729, pp.974-986 (2005)。
- 11) Golbreich, C. and Mercier, S.: Construction of the Dialysis and Transplantation Ontology, Advantages, Limits and Questions about Protégé OWL, *Workshop on Medical Applications of Protégé, 7th International Protégé Conference*, Bethesda (2004)。
- 12) Cheung, H., Lam, Y.K., Marengo, L., Clark, T., et al.: AlzPharm: A Light-Weight RDF Warehouse for Integrating Neurodegenerative Data, ISWC 2006, *Workshop for Semantic Web Health Care & Life Science*, Georgia (2006)。
- 13) Cerizza, D., Celino, I. and Della Valle, E.: Semantic Discovery of Medical Advice Services with Glue, ISWC 2006, *Workshop for Semantic Web Health Care & Life Science*, Georgia (2006)。
- 14) Gutierrez, C., Hurtado, C. and Vaisman, A.: Temporal RDF, LNCS, Vol.3532, pp.93-107 (2005).
(平成 19 年 5 月 11 日受付)
(平成 19 年 11 月 6 日採録)



和泉 諭

2005 年仙台電波工業高等専門学校情報通信工学科卒業。2007 年同専攻科情報システム工学専攻修了。現在、東北大学大学院情報科学研究科博士前期課程在学中。システムの仕様化手法，セマンティック Web，知識工学，ユビキタスコンピューティングに関する研究に興味を持つ。電子情報通信学会学生会員。



加藤 靖 (正会員)

1978 年東北大学大学院電気及通信工学専攻博士課程修了。現在，仙台電波工業高等専門学校副校長 (総務担当)，情報工学科教授。工学博士。セマンティック Web，マルチエージェントシステム， μ -iTRON ベース組み込みシステム，デジタル技術教育技法等の研究に従事。1995 年から 1996 年まで，オランダ Twente 大学在外研究員として分散並行システムの設計と検証，形式記述技法等の研究に従事。1994 年日本工学教育協会業績賞受賞。著書『情報数学』，『基本的なプログラミングと割込み』，『マイクロコンピュータ周辺・割込み技術』，『レジスタと演算回路』等。電子情報通信学会，日本工学教育協会各会員。



高橋 薫 (正会員)

1992 年東北大学電気通信研究所助手。1993 年 (株) 高度通信システム研究所主任客員研究員。現在，仙台電波工業高等専門学校副校長，同情報通信工学科教授。博士 (工学)。分散並行システムの仕様記述と検証，健康福祉支援，セマンティック Web，知識工学に関する研究に従事。情報処理学会 25 周年記念論文賞，1991 年テレコムシステム技術賞，1997 年電子情報通信学会情報ネットワーク研究賞各受賞。電子情報通信学会会員。



菅沼 拓夫 (正会員)

1966年生．1997年千葉工業大学大学院博士後期課程情報工学専攻修了．1997年東北大学電気通信研究所助手．2003年同大学助教授，現在同大学准教授．やわらかいネットワーク，エージェント指向コンピューティング，共生コンピューティング等の研究開発に従事．The 8th JWCC Best Presentation Award，情報処理学会第54回全国大会奨励賞，UIC2007 Outstanding Paper Award等受賞．博士（工学）．IEEE，電子情報通信学会各会員．



白鳥 則郎 (フェロー)

1946年生．1977年東北大学大学院博士課程修了．1984年同大学助教授（電気通信研究所）．1990年同大学教授（工学部情報工学科）．1993年同大学教授（電気通信研究所）．情報通信システム，人とIT環境の共生の研究に従事．本会25周年記念論文賞．本会マルチメディア通信と分散処理研究会主査，本会理事，本会副会長，本会フェロー，IEEEフェロー，電子情報通信学会フェロー．