Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

未病の認識・改善に有効なストレスオントロジーの設計

洞渕彩未[†1]　高田雅美[†2]
森本恵子[†3]　城和貴[†2]

本研究では，オントロジー技術を用いて，ストレスに関する情報の関係性を示したストレスオントロジーを設計する．開発システムでは，センサデバイスで取得した生体情報とオントロジーを利用することで，各ユーザ専用の未病の認識と改善に効果的な情報を提供する．開発するオントロジーでは，Web 上に溢れている情報を収集し，機械が処理できる形式で管理する．本論文では，設計したオントロジーと生体データを用いた処理の評価と，矛盾を検出し最適化する手法についても考察する．

Design Ontology of Stress to Recognize and Improve Presymptomatic Diseases

Ayami Dobuchi,[†1] Masami Takata,[†2]
Keiko Morimoto[†3] and Kazuki Joe[†2]

In this paper, we show the design of the stress ontology which describes the information of stress affection. Using the developed system, we provide the information which is effective for the presymptomatic various diseases. Using the ontology, we collect the information from the web to re-construct the ontology. In this paper, we explain the design of our health care ontology and its practical use for the real. The structure optimization and the removal of contradiction of the proposed ontology is an important research topics.

†1 奈良女子大学 理学部 情報科学科
Department of Information and Computer Sciences, Fuculty of science, Nara Women's University
†2 奈良女子大学 人間文化研究科
Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Woman's University
†3 奈良女子大学 生活環境学部 生活健康・衣環境学科
Department of Clothing Environmental Science, Fuculty of Human Life Environment, Nara Women's University

1. はじめに

現代の日本社会では，生活スタイルの変化に伴い，生活習慣病が増加している．また厳しい社会情勢から，心の悩みを抱えている人も少なくない．このような時代背景において，医療機関での治療だけではなく，ユーザ自身が心身の健康管理を行い，未病の認識をすることで病気を予防することが重要である．未病とは人体に重大な影響を及ぼすわけではないが，完全な健康体ではない状態を意味する．未病を放置すると，三大成人病であるがん，心臓病，脳卒中につながる要因になる可能性が高いとされている．そこで，現代人にとって，未病を解決するために生活習慣を正したり，負担を減らすことは重要である．この結果として，重大な病気にかかる前に予防することができる．未病に気付き対処することによって，病気にかかりにくい体作りや，意欲を取り戻すことさえ可能である．

しかし，一般のユーザが未病段階にあることに気付き，健康管理を適切に行うことは容易ではない．なぜなら，多種多様な症状や悩みがあり，それに関する情報が膨大に存在するため，適切な情報を選択するのは困難であり，時間がかかる．また，得られた情報に対して，専門的な知識が必要となることも多いため，医療分野に詳しくない一般ユーザにとって非効果的である．このような問題を解決するために，個人に適した健康管理を行うことのできるシステムの必要性が高まってきている．

システムで利用可能な技術の 1 つとして，Web 上の莫大な情報を扱うことができるセマンティック Web 技術がある．セマンティック Web 技術は，Web 上の全ての情報にメタデータを付与しリソースとして扱うことができる．莫大な情報に言語関係を与えるために，オントロジー[1)] 技術を利用する．オントロジーとは人間が対象をどのように理解しているかということを体系的に示したものである．オントロジーを利用することで，リソースの知識を体系的に整理し，コンピュータが処理できる形式で管理することが可能となる．さらに，データをモデル化できるだけでなく，エージェントによってオントロジー内の知識を利用して処理を行うことで，従来より質の高い情報を提供したり，レコメンドを行ったりすることができる．またオントロジーは，何度でも変更や追加が可能なので，情報の増加が著しいヘルスケアの分野に対応することができると考えられる．本論文では，健康情報を総合的に管理するオントロジーの構築に向けての第 1 段階として，人体に影響を与える要素として重要であるストレスに関して特化したオントロジーの設計・提案を行う．

以下では，第 2 章で既存研究の調査について記述し，第 3 章では提案するオントロジーのモデル設計について記述する．

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

2. IT ヘルスケアシステム

健康管理に関する IT 技術として，ユーザが無意識に生体情報の計測をできるようなセンサデバイスの技術や，食事・運動などの生活状況あるいはユーザコンテクストを認識・把握する技術，計測したデータの解析・モデル化技術の開発が進んでいる．既存のシステムでは，ウェアブルセンサを用いた健康情報システム[3] がある．これは，バイタルサインを取得し，保存・管理・解析を行っている．健康管理理をするために有用な多様なデータを取得・解析することができる．しかしながら，データを保持し管理することは可能であるが，処理することはできない．　一方で，取得したデータを利用するために，オントロジー技術を利用した健康支援システムの提案[4] も行われている．ユーザは Web ページ上であらかじめ入力した性別や年齢などの静的な個人データと装着しているセンサデバイスから計測された体重や血圧・体脂肪率や消費カロリーなど日々変化する動的な生体データを管理システムに与える．取得されたデータはデータベース (DB) 上で管理される．このシステムでは，ユーザからアドバイスの依頼に対して，エージェントが DB のデータを取得し，あらかじめ用意されたアドバイスから適切なものを選択し，提供する．アドバイスを提供する際に利用するのは，ユーザ情報やユーザが持つ目標と食事や運動の関係を示したオントロジーと応答のルールに基づいている．その関係性を示したオントロジーを**図 1**[4] に示す．図 1 のオントロジーを使って，推論ルールとユーザの生体データからエージェントが処理を行う．この研究では，ユーザがあらかじめ入力した目標に応じてアドバイスを提供するため，目標以外のことは改善できない．また，あらかじめ用意されているアドバイスしか提供することができないということが問題点として挙げられる．

3. オントロジーの設計

本章では，提案するオントロジーの設計モデルについて記述する．第 3.1 節では，健康管理に特化したヘルスケアナビゲーションシステムの概要を記述し，第 3.2 節では，提案するオントロジーの設計について記述する．

3.1 システム概要

ヘルスケアナビゲーションシステムでは，情報の取得や管理，得られた情報の効果的な利用を行い，専門的な知識を有していない一般的なユーザが容易に健康管理を行うことを目的としている．そのために，セマンティック Web で情報間の関係を表すオントロジーを利用する．概要を図 2 に示す．センサデバイスから装着部位や目的にしたがって生体情報やバイタルサインを取得する．　取得した情報はネットワーク上に送信し，クラウド上で管理される．クラウド上で様々なオントロジーを保存し，関連付けることによって，データを体系的に管理する．

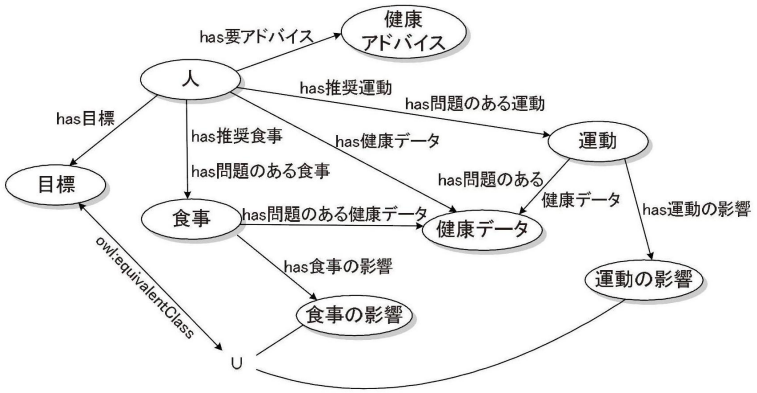


図 1　健康と運動・食事に関するオントロジ

オントロジーには，個人の情報や生体情報を管理するオントロジー，データを扱うためにヘルスケアに関する情報の関係を記述したオントロジーがある．情報間の関係をマシンが理解できるデータ形式で記述するための言語として RDF/RDFS/OWL[5][6][7] がある．RDF はエージェントが処理を行う際に解釈を統一するための枠組みであり，RDFS は RDF で記述された語彙を拡張できる．次に，OWL では，関係の性質記述や推論を可能にする，より高度な関係を記述する記述形式である．セマンティック Web はオブジェクト指向の考え方なので，クラス階層をもち性質は継承することができる．クラスにはインスタンスをもち，リソース同士の関係はプロパティで示す．

クラウド上のオントロジーで利用するデータについては，Web 上をクロールし，得られた情報を自動的に割り当てて拡張する．この際，Hadoop[2] と呼ばれる基盤ソフトウェアを利用して解析を行うことによって，大規模データを扱うことを可能とする．

バイタルサインを取得する技術は発展しているが，取得されたバイタルサインを生体情報として活用する技術は十分ではない．本システムでは，これらの溢れているバイタルサインの記録や分析結果を利用し，健康管理に役立てる．バイタルサインを取得することで，ユーザの特徴や数値の変動やを記録することができるため，ユーザに効果的な情報を提供するこ

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

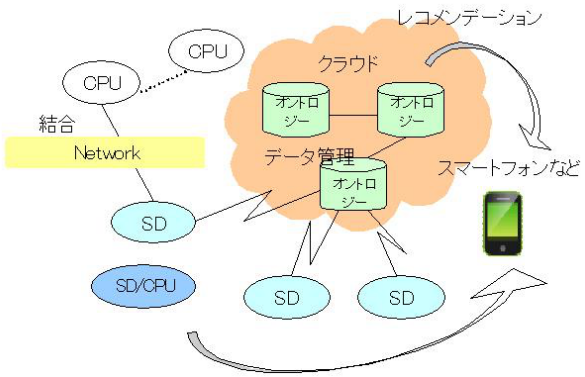


図 2 システムの概要

とができる．バイタルサインの取得には，センサデバイスを利用する．センサデバイスとしては発汗センサーや小型心拍計[8] などを利用する．発汗センサーでは皮膚電位反応（SPR）を用いて掌や手指の発汗量を取得する．掌や手指の発汗は，精神性発汗と呼ばれ，体温調節のための発汗とは異なり，交感神経の緊張状態を評価し，心的緊張や不安恐怖などを検出することができる．また，小型心拍計では，センシングを行うことによって，心拍ゆらぎを計測し，自律神経のバランスや加速度センサーによる運動量の把握，また体表温度などを把握することができる．日常の生体情報や行動情報を取得することができれば，個人ごとに影響を与えやすい症状や注意すべき行動や状況なども検出できるため効果的であると考える．

以上の生体情報やオントロジーを利用してソフトウェアが処理を行うことで，ユーザに未病を認識させたり，適切な解決法のレコメンドを行なったりする．また，情報の自動収集を行い，結果が蓄積されオントロジーが拡張されるため，知識の自己増殖も期待できる．

3.2 ストレスオントロジーの設計

本研究では，ストレスに着目してオントロジーの設計を行う．ストレスを取り上げる理由として，1 つは未病の最も大きな要因の 1 つであること，2 つ目に抽象的であり，医者で診てもらう，物質を測定する，あるいは特定の質問をすることによって確実に特定できない．ストレスオントロジーを用いることによって，指標を定め，個人ごとに予防法や解消法などを提供できるという効果が期待できる．

以下では，第 3.2.1 項でオントロジーの必要要件について述べ，第 3.2.2 項で構成について述べる．第**??**項ではバイタルサインとオントロジーを利用したデータに基づく評価法について述べ，第 3.2.4 項で矛盾の検出と最適化について述べる．

3.2.1 必 要 要 件

必要要件を示すにあたり，本文では OWL の規則に従う．

開発するオントロジーはあくまでヘルスケアオントロジーに拡張するための設計である必要があるため，単純な構造であり，違う要素にも応用できるような名前付けを行う．また，ストレスを示す指標を定める．そのために，レベルによって影響を示すことができるように設計を行う．

未病の分類として，自覚症状はないが，検査すれば何らかの異常が現れるものと自覚症状はあるが数値に異常はないものに分けられる．これらを前者を症状，後者を状態と表現する．未病から発展する病気としては，既存のオントロジーを利用して関連付ける．

設計するオントロジーを利用した処理を行う際，推論すべき質問を挙げる．

- ストレスが生じる要因は何か．
- ストレスが引き起こす人体への反応は何か．
- ストレス解消法や効果的な方法は何か．
- ストレスを感じている時間帯とその行動
- 個人ごとに適している情報は何か．

3.2.2 構　　成

オントロジーは，クラス階層をもち，クラスはインスタンスをもつ．また，サブクラスはスーパークラスの性質を継承することができる．そのため，生体データを表すクラスには単位や数値のインスタンスがあれば，別のものにも適用しやすいと考える．クラスは未病，日常要因，原因，測定の基盤，マネジメントを生成する．未病とストレス[9] の関係を示すために必要であるクラスとサブクラス，インスタンスとして取り得る要素，プロパティについてに示す．

- 未病に関するオントロジー
  - 未病クラス
    - ＊ 症状
      不眠，胃腸病，心疾患，冷え性など
    - ＊ 状態
      いらいら，焦り，不安，緊張，疲労感など

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

– 原因クラス
原因の中の 1 つにストレスがある．
– 要因クラス
ストレスに関して言えば，一般的にストレッサーと呼ばれる．
＊ 物理学的　温熱，寒冷，高圧，低圧，騒音，放射線など
＊ 生物学的　病気，けが，細菌ウイルスなど
＊ 行動的　睡眠不足，運動不足，生活習慣など
＊ 精神的　家族の病気や死，失恋，倒産，家庭環境など
＊ 社会的　仕事が多忙，残業，責任の重圧，借金，試験，人間関係など
＊ 個人的
· 性格　真面目，積極的，がんこ，完璧主義など
· 遺伝　親の遺伝，高血圧，体温など
– 解消法クラス
＊ 身体的　呼吸法，筋弛緩法，ヨガ，ストレッチ，入浴など
＊ 精神的　リラックス，気分転換，カウンセリング，考え方の転換など
＊ 行動的　食事（栄養），休憩・睡眠をとる，運動する，生活習慣など

- 測定基盤に関するオントロジー
– 測定基盤クラス
＊ 身体的
· 中枢神経系　脳波などがあるが，まだ手軽に活用できる方法がない
· 自律神経系　末梢神経の生理反応，体表温度，心拍変動，発汗など
· 内分泌系　カテコラミン，コルチゾール，ACTH など
· 免疫系　NK 細胞活性，リンパ球分画，唾液中 IgA，サイトカインなど
＊ 心理的
ストレスマグニチュード[⋆1]，行動情報，状況，チェックシートなど

- プロパティ
– hasValue　”主語”は”数値”をもつ
– hasScale　”主語”は”目的語”を単位とする
– hasIndex　”主語”は”目的語”を指標とする

⋆1 ストレスマグニチュードとは，生活で遭遇する困難に重みを付けストレスの大きさを数値化したものである

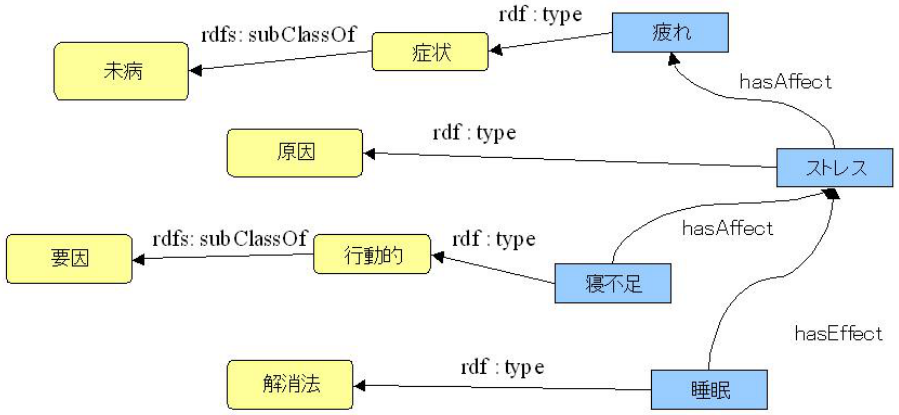


図 3　オントロジーの利用例

– hasDegree　”主語”は”数値”を程度値としてもつ
– hasAffect　”主語”は”目的語”に影響する
– hasEffect　”主語”は”目的語”に効果的である

示したプロパティを利用してオントロジーを作成し，処理をシンプルに行うためにできるだけプロパティは増やさないものとする．**図 3** に利用例を示す．黄色の四角がクラスであり，RDFS のプロパティsubClassOf を用いてクラスに対するサブクラスを示す．またクラスごとのリソースを青色で示し，RDF のプロパティtype で示す．この場合，ストレスが生じていると検知され，行動情報からストレスの要因が寝不足であると処理された場合に，症状として”ストレス”が”疲れ”を引き起こし（”hasAffect”），”睡眠”が”ストレス”に効果がある（”hasEffect”）という流れである．

3.2.3　バイタルサインを用いたストレス評価

取得したバイタルサインを利用して，ストレスの評価を行う手法を提案する．そのために，センサデバイスを用いて取得した生体情報の測定基盤として自律神経系に着目する．自律神経系からストレスにつながるバイタルサインを取得する指標としては，血圧，心拍，脈拍，精神性発汗，抹消皮膚温呼吸活動，瞳孔運動などが挙げられる．本論文では，小型心拍計を用いたストレスの評価法を取り上げる．小型心拍計を用いて心拍を取得することで，心拍数だけでなく自律神経のバランスを評価することができる．データから計測することの

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

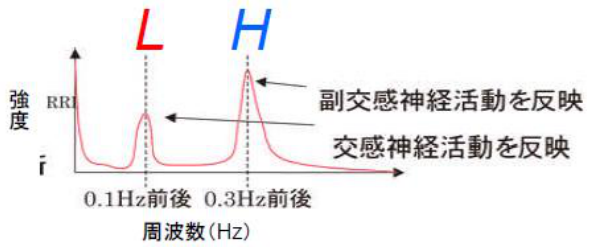


図 4 計測結果のグラフ

できる LF/HF[?)] がストレスを測る指標となる．計測結果のグラフ例を**図 4** に，評価例を表**??**に示す．LF（low frequency）とは心拍変動を周波数解析したときに得られる低周波領域（0.02 ～ 0.15 Hz）のことを指し，交感神経と副交感神経の両方の活動性を反映する．また，HF（high frequency）は，高周波領域（0.15 ～ 0.50 Hz）のことを指し，副交感神経機能の指標である．LF/HF でパワー比を示すことで交感神経機能の指標として用いられる．これを用いて人体がどのようなストレス状態にあるのかを評価することができる．

得られた情報を管理するために生体情報の知識体系を管理するオントロジーを作成する．オントロジーの概要を**図 5** に示す．ユーザに関する情報を示す際，FOAF（Friend to a Friend）という言語体系を用いて記述する．FOAF は，名前やニックネーム，年齢，所属する組織，所有している Web サイトやメールアドレス，ドキュメントなどを記述できる．さらに，ユーザ間の関係を分散的に記述することも可能である．

オントロジーの構成では，クラスとしてユーザの情報と生体データをもつ．生体データは指標と数値，単位をリソースとしてもつ．数値としては，最大値・最小値・平均値・最頻値・中央値・測定時間・間隔をもつ．これらの値をもつことで，単なる平均ではなく，ばらつきや偏りなども考慮できる．ユーザごとに異なる特徴を考慮できることで，危険度や必要な情報の違いにも対応できる．

例えば，LF/HF の場合，ソフトウェアで処理を行い，最大値・最小値・平均値・最頻値・

表 1 自律神経データの評価方法

LF/HF 2 未満	副交感神経優位でくつろいで落ち着いている状態
LF/HF 2 以上 3 未満	バランスがとれていて，日常状態
LF/HF 3 以上 4 未満	副交感神経がやや抑制され，少し緊張状態
LF/HF 4 以上	副交感神経が抑制され，交換神経活動が優位な緊張状態

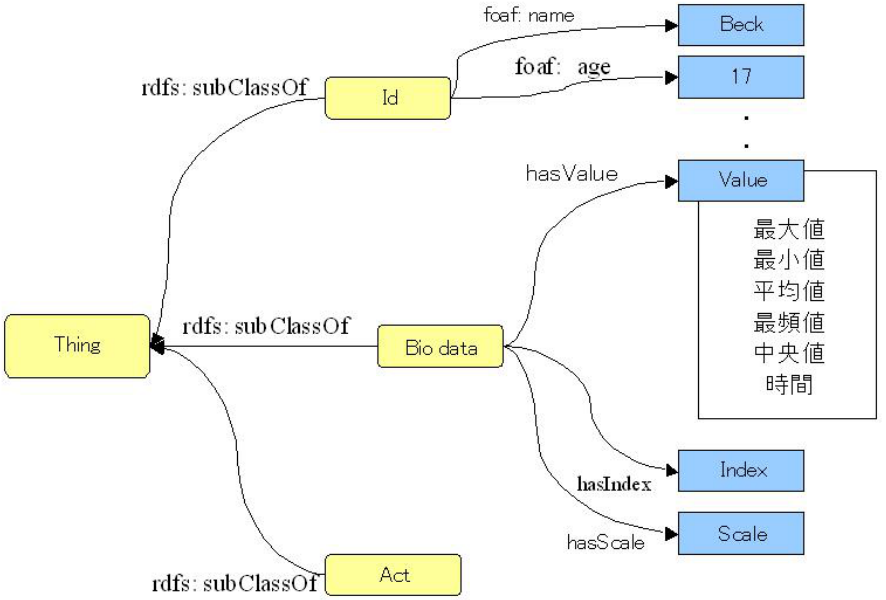


図 5 生体データを管理するオントロジー

中央値のデータをそれぞれ入力する．この場合，指標は LF/HF で数値が比であるため単位はもたない．LF/HF の平均値をストレスの程度値として，**図 1** の情報を利用し，第 3.2.2 項の未病オントロジーと関連付けてデータを利用する．もし，平均値が 3 や 4 の場合は，異常が見受けられるので，未病オントロジーの解消法クラスを利用して，行動情報や生活習慣のデータを改善するようなユーザにあったアドバイスを提供する．この際，行動情報として，睡眠不足が見受けられれば睡眠を何時間とるというレコメンドを行い，職場にいるときに 1 番異常が見受けられれば気分転換を促すというレコメンドを行う．

このように，取得したバイタルサインと行動情報を用いることによって，第 3.2.2 項で記述したオントロジーを用いた処理を行い，可能性のある未病や病気，解決法を提示できる．

3.2.4 矛盾の検出と最適化の検討

本システムでは，情報を自動収集し，知識の自己増殖を行う．そのため，矛盾が生じた場合に，知識の修正がなされるような制御が必要である．また，冗長な構造や誤った構造にな

© 2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-MPS-86 No.26
Vol.2011-BIO-27 No.26
2011/12/2

ることが予想される．そのような構造になってしまった場合，正しい構造に最適化できる必要がある．

オントロジーで用いる OWL は，推論機能をもっている．既存のトリプル[⋆1]から新たなトリプルを導くことやそれ自体はトリプルとして表せなくてもほかのトリプルと合わせることで新たなトリプルを導くことは可能である．しかし，設計モデルの構成に矛盾が生じた場合，OWL の意味論から矛盾を検出できるが，その矛盾の原因がどこにあるのかを見つけ出すことはできない．そのため，OWL では，モデルに矛盾が生じた場合，矛盾のあるクラスには要素をもたせないための処理を行う．さらに高度な矛盾を検出し最適化するには，別の手法が必要である．

ソフトウェアやシステムを検証する手法とて，形式手法**??**がある．形式手法とは，論理学・集合論・代数学などの数学を基礎としたシステムの使用記述手法，検証手法などの総称で品質向上のための手段として利用できる．形式手法は，仕様やモデル，定理，プロセスなどそれぞれに対応する手法がある．オントロジーの矛盾を検出する手法としては，モデル検査を行う SMV（Symbolic Model Verifier）や使用記述検査を行う Z 記法などが挙げられる．

SMV では，システムの振る舞い使用を状態遷移モデルとして記述し，システムが満たすべき仕様を検証条件として記述する．状態遷移を行い，検証条件に違反しないことを網羅して調べ，違反するケースを探し出す．実際利用できるツールも開発されている．

Z 記法は，集合論に基づいて使用を記述するための言語であり，集合，関係，関数などの制約を書くための記法を揃えている．このような言語を用いると，使用の理解や品質が向上することになる．

このような手法を組み合わせて，最善な矛盾の検出法を考察し，最適化を行う．

4. ま と め

本論文では，人体から得られるバイタルサインを取得・解析した生体情報を扱い，ユーザに未病を認識させ，改善に有効な情報を与えるためのストレスオントロジーの設計を行なった．このオントロジーを用いて，情報を処理することによって，機械にあらかじめ知識を与え，個人の必要性に応じた情報をレコメンドすることができる．また，日常的に人体に直接装着したセンサデバイスを用いて情報を取得するため，行動情報やその時の状況に応じたレコメンドを行うことができる．新しい情報を取得するために，大規模データを管理する基盤技術の利用と情報の自動収集・自動処理を行うことが可能になれば，次々に更新される Web 情報の変化に対応できる．自動で行う際に現れる矛盾を検出し，冗長になってしまった構造について最適化を行う技術についても検討している．　今回設計したオントロジーは実用段階になく，実用化するまでに改良や変更が必要であると考えられる．そのため，プロトタイプを開発し，効果を確認しながら，改良を加えていく必要がある．さらに，ストレスに関してだけではなく，さまざまな未病とその原因となる要素の関係についての体系記述が必要である．

⋆1 トリプルとはあるリソースがあるリソースを示し，関係性をプロパティとして表した主語，述語，目的語からなる文の構成である．

参 考 文 献

1) Dean Allemang, JamesHendler: Semantic Web for Working Ontologist: JUST SYSTEM (2008).
2) Tom White: Hadoop: The Definitive Guide, O'REILLY (2010).
3) 保坂 寛: ウェアラブルセンサを用いた健康情報システム: マイクロメカトロニクス, vol.47, No.2, pp.78 – 98 (2004).
4) 和泉 諭: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, 情報処理学会論文誌, vol.49, No.2, pp.822 – 837 (2008).
5) W3C Recomendation: Resource Description Framework（RDF）: Concepts and Abstract Syntax (2004).
6) W3C Recomendation:RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema (2004).
7) W3C Recomendation: OWL Language Reference (2004).
8) Kiyoshi Itao: Wearable Sensor Network -Connecting Artifacts, Nature and Human Being-, IEEE SENSORS 2007 Confernce, pp1120–1123 (2007).
9) 編集: 河野 友伸，石川 俊夫:ストレス研究の基礎と臨床: 至文堂 (1999).
10) 高田 晴子: 心拍変動周波数解析の LF 成分・HF 成分と心拍変動係数の意義 -加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価-: 日本総合検診医学会, HEP, vol.38, No.2, pp.504–512 (2005).
11) 青木 利晃: 形式的手法による高信頼性組み込みソフトウェア開発: IPSJ Magazine, Vol.47, No.5 (2006)

© 2011 Information Processing Society of Japan