

## コンテキスト・コンピューティングに基づく意思決定のための知識抽出手法

高岡 大介<sup>†</sup> 陣内 康行<sup>‡</sup> 菅井 康之<sup>\*</sup> 荒本 道隆<sup>\*\*</sup> 牧野 友紀<sup>\*\*\*</sup> 和泉 憲明<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>†</sup> ピースミール・テクノロジー株式会社 〒104-6014 東京都中央区晴海 1-8-10 トリトンスクエアタワーX13F

<sup>‡</sup> 住友セメントシステム開発株式会社 〒105-0012 東京都港区芝大門 1-1-30 芝NBFタワー3F

<sup>\*</sup> 株式会社イーグル 〒151-0061 東京都渋谷区初台 1-46-3 シモモトビル 4F

<sup>\*\*</sup> アドソル日進株式会社 〒108-0075 東京都港区港南 4-1-8 リバージュ品川

<sup>\*\*\*</sup> 日本ユニシス株式会社 〒135-8560 東京都江東区豊洲 1-1-1

<sup>\*\*\*\*</sup> (独)産業技術総合研究所 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第2

E-mail: <sup>†</sup> daisuke.takaoka@pmtech.co.jp, <sup>‡</sup> yjinnouchi@sumitem.co.jp, <sup>\*</sup> sugai@eagle-s.co.jp,

<sup>\*\*</sup> Aramoto.Michitaka@admiss.jp <sup>\*\*\*</sup> tomonori.makino@unisys.co.jp, <sup>\*\*\*\*</sup> n.izumi@aist.go.jp

**あらまし** 本報告では、先端IT活用推進コンソーシアムの研究活動成果として、人と機械が協働する過程で、動的に変化する知識を社会的なレベルで形成するパラダイム：コンテキスト・コンピューティング（CC：Context Computing）の参照アーキテクチャを提供する。気象災害を想定した防災訓練のように、文脈が読み手によって異なり、かつ、時間変化するような状況では、ソーシャルメディア上の大量のテキストを情報源として、個人個人が意思決定することは難しい。そこで、テキストの文面を直接処理するのではなく、個人とコンテンツの関連をRDFにより蓄積し、個人の属性などを用いて、意思決定のための適切な情報を適時に抽出する方法を構築する。

**キーワード** コンテキスト・コンピューティング、情報共有、情報の個人化、RDF

## A Knowledge Acquisition Method for Decision-making Based on Context Computing

Daisuke TAKAOKA<sup>†</sup> Yasuyuki JINNOUCHI<sup>‡</sup> Yasuyuki SUGAI<sup>\*</sup> Michitaka ARAMOTO<sup>\*\*</sup>

Tomonori MAKINO<sup>\*\*\*</sup> Noriaki IZUMI<sup>\*\*\*\*</sup>

**Abstract** This report provides a reference architecture about Context Computing, as a part of AITC's proposal, which enables us to extract expertise from unstructured social media in cooperation with human and machines. It is difficult for us to make decision from continuously updating social media in a situation about meteorological disaster. By not processing texts of content, but storing up the relation of contents as RDF, proposed architecture enables us to extract the suitable information for decision-making in a dynamic situation like disaster-prevention.

**Keyword** Context Computing, Information Sharing, Information Personalization, RDF

### 1. はじめに

近年、計算機関連技術の高速化・大容量化やソーシャルメディアの高度化は、ネット時代における心的状況を考慮した知性[1]や、主観性に基づく現代の集合知[7]など、新しい計算パラダイムの登場を期待させている[6].

一方で、対象とする問題が事前に定式化されていない場合に、構造化されていない大量のテキスト情報が前提条件として与えられたとき、個人の状況に依存して結論が異なるような問いかけに対して、適切な結論を機械的に得るためには、いくつかの課題を解決する必要がある。具体的には、未定義の問題を機械的に解決するためには、汎用的な機械処理アルゴリズムで計算できる定式的な問題に即時に変換すること、ならびに、テキストの情報源を問題にあわせて構造化することである。

以上の学術的な文脈から、非構造の情報源を前提として、未定式の問題を解決するために、人と機械の適切な役割分担により大量の非構造化情報源に対する意味処理を可能にするパラダイム：コンテキスト・コンピューティング[2,3]が提案されている。ここでは、コンテンツのメタ情報、すなわちコンテンツと人の関連性、コンテンツ間の依存関係をコンテキストとして定義し、蓄積されたコンテキストをあらかじめ定められた計算に従って機械が集約することにより、人間の操作に対して機械が必要なコンテンツを適切に表示・編集・活用できることを目指している。

そこで、本報告では、機械だけで計算し評価することが難しい意味内容を、人による定式化と協調させることで、大量情報から個人にとって有意な情報を効率良く識別する仕組みについて、参照アーキテクチャを与える。これにより、コンテキストとして定義された

コンテンツのメタ情報を処理することで、人毎に異なる有意な情報が提示可能であることを示す。

## 2. プロトタイプシステムの実装

アプリケーションの自然な操作のもとで、人が機械にメタ情報を提供可能となることを検証するため「関心事にチェックイン」というプロトタイプシステムを作成した。

### 2.1. 関心事にチェックインシステム

図1に作成したプロトタイプシステムのコンセプトモデルを示す。

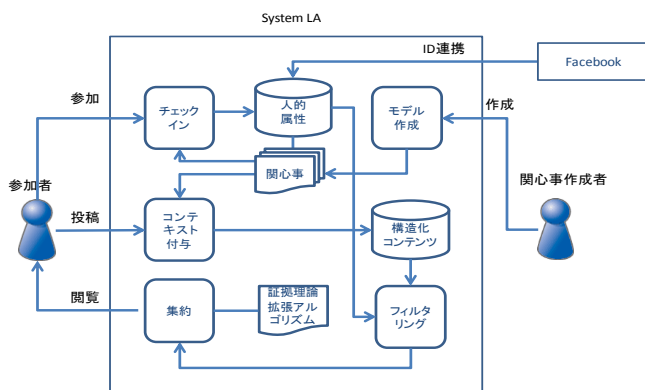


図1 プロトタイプシステムの構成

ある意思決定を行うということは、その分野について興味・関心が強くある、または関心を持たざるを得ない状況が多い。その対象ドメインを「関心事」という概念で表した。

関心事とは、問題を設定するドメインであり、この関心事にまつわる様々な情報を関連づけ、意思決定するための知識を抽出する。つまり、関心事とは、意思決定を行うためのテーマのことである。

関心事を利用するためには、まずその関心事に対して「チェックイン」を行う。ホテルに宿泊する際、宿帳に自身の氏名・住所などを記入して利用手続きを行うことで宿のサービスを受けることが可能になる。これと同様に、自身のコンテキストをシステムに提供することにより、その関心事のサービスを利用できるようになる。そこで、この動作をチェックインと呼ぶ。

関心事にチェックインすることで、利用者は以下の関心事に対するサービスを利用することができる。

1. 意見の集約結果（鳥の目）
2. 意見の変化状況（魚の目）
3. 個々の発言と意見の投稿閲覧（虫の目）
4. 個人化された情報の提供

我々は、これらをそれぞれ「鳥の目」、「魚の目」、「虫の目」と定義した。鳥の目で全体の状況を俯瞰しながら、魚の目で現在の潮流と潮目の変化を予測する。詳細を確認するには虫の目で個々の情報を閲覧する。3つの視点を組み合わせることで、状況を客観的に的確に把握できる。

### 2.2. 意見の集約結果(鳥の目)

関心事を構成する重要な要素の一つに「関心項目」というものがある。関心項目とは、関心事に対する意見の選択肢である。利用者は関心項目にポジティブ、ネガティブの評価をつけ自身の意見を表す。意見と合わせてコンテンツ（テキストや写真）を付加情報として共に投稿する。関心項目は複数同時に評価してもよいし、後で変更することもできる。

各利用者によって選択された関心項目はシステムで計算されスコアリングされる。これにより関心事が現在どのような意見がどの程度支持されているか、どう変化しているかなどを確認することができる。この意見のスコアリングにより、全体の傾向を瞬時に把握できる鳥の目を実現する。

### 2.3. 意見の変化状況(魚の目)

スコアリングされた値をスナップショットとして蓄積し、時系列で表示することで魚の目を表す。各関心項目の時間ごとのスコアの推移を確認することで、全体の流れを読み、先を予測することが可能となる。

本システムでは利用者が意思決定を行うサポートを行うことを目的としている。そのため、その先まで具体的に提示するのではなく、流れの変化に気づきを与えることを重視している。

### 2.4. 個々の発言と意見の投稿・閲覧(虫の目)

選択の投稿時には付近の様子をコメントや写真などで投稿することで、より臨場感のあるコンテンツとして表現できる。閲覧者はそれらを確認することで詳細な情報を得られる。また、後述する発言を行った利用者のコンテキストを確認できるため、その意見・コメントのバックグラウンドをより深く理解することが可能となる。

このような個別の情報を閲覧可能とすることで、単にシステムが情報を提示するだけでなく、その論理のエビデンスも確認が可能になる。これを虫の目と呼ぶ。

この意思を選択して表明するシステムは、一見単純なアンケート投票システムのように見える。しかし、アンケートとは異なり、スコアは投票数をリニアに表したものは無い。今回のスコアリングには後述する証拠理論を用いた。この計算により、単純な加算だけ

では見えない関心事の状態がわかるようになる。

## 2.5. 個人化された情報の提供

関心事はチェックイン時に利用者のコンテキストを要求すると前述した。関心事作成時に、関心事を閲覧するために必要なコンテキストを決定する。ここで設定されたコンテキストは、その関心事にチェックインする際、利用者に提供することを要求する。

提供したコンテキストは二つの目的に使用される。一つは、同じ関心事にチェックインしている他の利用者から閲覧可能になり、意見や発言のバックグラウンドを他の利用者が確認できるようになることである。これによりどのようなコンテキストでの発言なのかスタンスがより明確に理解されやすくなる。

現在のプロトタイプでは自己申告のため正確性は担保できないが、それは別途課題としている。

もう一つは、この提供されたコンテキストを元に利用者をクラスタリングする機能である。作成したプロトタイプシステムでは、自分と同じクラスを People like me, それ以外 (全体) を All people とし、それぞれでの関心事のスコア、コンテンツをフィルタリングできるようにした。これにより、全体と自分のクラスとの差異を見ながら、状況をより客観的に把握できるようになった。

本システムでのフィルタリングは関心事のコンテキストと利用者のコンテキストから類似度を算出し、所属するクラスでの関心事のスコアとコンテンツを表示する。つまり、選択肢を Recommend するのではなく、現在の状況を客観的にみるために、様々な角度から分析した情報を提供する。その結果を見て、判断するのは人である。単なる協調フィルタリングでの推薦とは目的が異なる。

## 3. サーバ側での蓄積と集計処理

構造化コンテンツを蓄積し、集計するためのサーバについて述べる。

### 3.1. 構造化コンテンツの蓄積

本システムでは、関心事に対する関心事項目や、利用者に対するコンテキストなど、不特定多数の要素を持ち、各要素が相互参照しているデータ構造を表現するために RDF[4] を採用した。RDF の主語・述語・目的語の 3 要素を組み合わせることで、図 2 のモデルを表現した。RDF を使用することで、要素間の関係性を新規に追加する場合にも、RDB のようにテーブルやカラムを追加する必要は無く、関係を表現するデータを追加するだけで、柔軟に拡張できる。

RDF には、テキスト情報だけでなく画像も格納した。画像は大きなバイナリファイルであるため、テキスト

を処理する RDF で処理できるか評価した。1 つの画像をクライアント側で base64 エンコードしテキストとして取り扱ったところ、1MByte を超える画像も問題なく格納できることが確認できた。

RDF の主語は、URI で示されたリソースか、空白ノードのどちらかでなければならない。URI はユニークである必要があるため、例えば利用者の氏名だと同名同名の可能性があるので、何らかのユニークな ID を付ける必要がある。今回は、Facebook で利用者認証を行い、ローカルでは利用者認証のための情報を一切持たないので、id は Facebook のものをそのまま利用することで、利用者 id のユニーク性を確保している。それ以外の項目については、システム内で重複しない ID を発行し、URI を割り当てた。

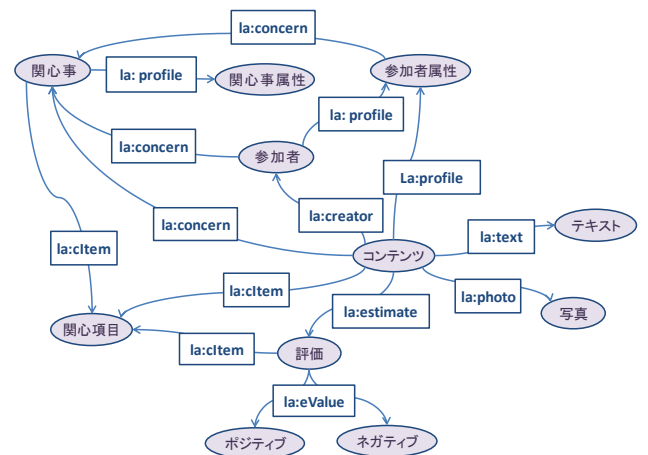


図 2 構造化コンテンツの RDF スキーマ

### 3.2. 構造化コンテンツの変換

ある関心事に対する投票の集計には、証拠理論 (Dempster-Shafer theory of evidence) [5] を適用した。利用者は投稿時に何れかが「正しい」と思う関心事項目をポジティブとし、「正しくない」と思う関心事項目をネガティブとして、投票してもらう。そのため、1 つだけではなく、複数の項をポジティブ・ネガティブとして選択できる。証拠理論による集計では、ポジティブな評価のものは 1 を加算し、ネガティブな評価のものはそれ以外に 1 を加算し、1 利用者が 1 票になるように正規化した。その関心事にチェックインしている利用者全員の投票を合算して、最も得点の高いものが「一番正しそうな関心事項目」となる。通常の投票システムのようにポジティブだけを選択するシステムでは、例えば災害時に「少なくとも電車は止まっているので使えない」という情報を提供することが難しい。しかし、証拠理論を使った本システムであれば、「電車はネガティブ」という投票を行えば、結果的には「それ以外の移動手段」に少しずつ票を入れたことになる。

また、証拠理論による集計時に People like me が有

効になっていれば、その関心事に関連付けられているコンテキストが同じ利用者だけ集計対象にすることで、「同じ状況の人がどう思っているか？」を知ることができる。

本システムに蓄積するコンテキストは、利用者が許可をしたものではあるが、プライバシー侵害を考慮して「位置情報」と「誕生日」については加工を行っている。位置情報は緯度・経度の小数点以下の1~3桁だけ、誕生日は年の最初の3文字だけを使用し、自分のコンテキストを少しずつ変更して他人のコンテキストを推測することを防止している。

鳥の目では、各利用者の最後の投票のみを有効票として計算したものを指す。それに対して魚の目では、時々刻々と投票されていった経緯を時刻付きでリスト形式で返す。

ある時点での各利用者の最後の投票のみを有効票として集計したが、実際に利用者に使ってもらうと、状況が全く変わったわけでもないのに、前回と全く違う関心項目に票を入れる場面がとて多かった。これは、今回投稿するコンテンツに関連する関心項目だけを選択し、前回から変わっていない関心項目をわざわざ選択しなかったためである。また、前回の投票時に何を選択したかを忘れていた人も多かった。そこで、過去n回の投票まで有効票として集計すると、グラフがなだらかになり、潮目が分かりにくくなってしまった。今後は、過去n回まで有効票とする、過去のものは票数を減衰させるなど、計算方法を選択可能にする拡張が必要だろう。

#### 4. クライアント側での情報取得、表示処理

どのようにサーバから情報を取得し、クライアントの限られた画面領域に表示を行っているのか、採用した方式を述べる。

##### 4.1. コンテンツ(リポジトリ)へのアクセス

クライアントからコンテンツへのアクセスは、サーバサイドで構築したAPIを介し、データ形式はJSON形式のインタフェースをとる。データ登録時には、登録内容をJSON形式でサーバに送信し、サーバサイドでRDF構造に変換を行い、図3のようにリポジトリに登録を行う。

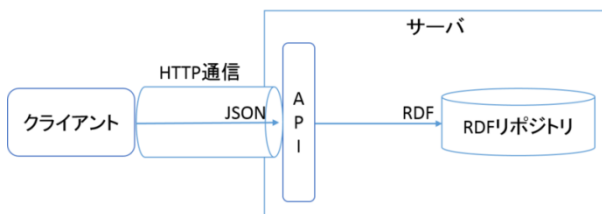


図3 リポジトリ登録

データ取得時には、取得対象のデータに対応したURLに対し、フィルタリングする条件をJSON形式でサーバに送信し、サーバサイドでSPARQLクエリを作成してリポジトリの検索を実施する。レスポンスはXMLをサーバサイドでJSONに変換し、クライアントに送信を行う。また集約アルゴリズムについても、サーバサイドで実装を行い、クライアントでは計算処理は行っていない。データ形式の変換、および集約アルゴリズムをサーバサイドに集約することで、クライアントの限られたリソースをコンテンツの表示に専念させ、かつデータ構造やアルゴリズムの変更をサーバで容易に行うことを可能とした。

##### 4.2. 変換の仕組み

JSON(キー,値)とRDF(主語,述語,目的語)の相互変換は、図4のようにJSONのオブジェクトを主語とみなし、キーと値をそれぞれ述語、目的語に置きかえることで変換を行っている。機械的に変換を行うことで、クライアントで動的に変化する項目の増減に対して、サーバに影響を与えないよう設計した。

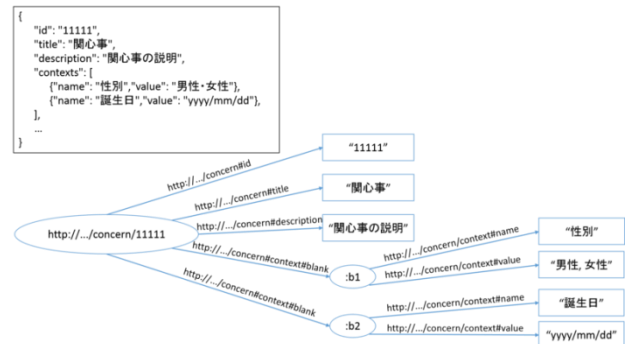


図4 JSONからRDF構造への変換

##### 4.3. 構造変換に基づく情報の俯瞰と推薦

スマートフォン上で実行するため、限られた大きさの画面上に鳥の目、魚の目、虫の目という異なる視点で切り取った情報を表示する必要がある。また利用者が即時に判断することを求められている場面でも素早く情報を把握できるように、情報の入力、表示には複雑な操作を必要としないものとした。

利用者の保有する断片的な情報を基に評価を行うために、評価のUIは各関心項目に対してポジティブ、ネガティブ、ニュートラル(無知)の3値をとるトグルボタンとして図5で実装した。各項目の評価値と合わせて、エビデンスとなるテキスト、撮影した画像や位置情報を一つの投稿としてサーバに送信している。



図 5 トグルボタン UI

鳥の目、魚の目で見たグラフは関心事のトップページに表示しており、利用者が関心事を選択した際に、最初に関心事の全体像といままでの評価の推移を知ることができるようにした。また関心項目のいずれかを選択することで虫の目を見た個々のコンテンツを表示する画面に遷移し、選択した関心項目についてのより詳細な情報にアクセスできるようにした。図 6 にそれらを示す。



図 6 鳥の目、魚の目、虫の目の UI

鳥の目で見た情報は、投稿された関心項目への評価の集計値をグラフ化して表示したものである。前述した集計結果を円グラフで表示することで、関心事への解の全体像を俯瞰できるようにした。

魚の目については、上記の集計値の時間の経過による変化を示すことで、状況の変化や新たな根拠の提示による全体の評価傾向の変遷を表している。集計結果を時系列で並べたものを線グラフで表示しており、関心項目が上昇傾向から下降傾向に転じた時点などを、この線グラフから把握することができる。

虫の目による表示は、投稿された個々の投票と、それに関連するコメントおよび写真を閲覧できる画面として実装している。ここでは全ての関心項目に関する投稿を閲覧できるほか、特定の関心項目を選択することで、その関心項目への評価を行った投稿のみを閲覧できる。投稿は評価によって背景色と位置を変えて表示しており、ポジティブ／ネガティブのどちらの評価を行ったものであるか容易に判断できる。個々の投稿

を閲覧することで、関心項目への評価がどのような根拠で評価されたものかを確認できるようにした。

コンテキストによる情報のフィルタリングの有効化・無効化は、図 7 People like me ボタンのオン/オフで切り替えられるように実装しており、個人化された情報の提示を、絞込み条件の入力などの操作を必要とせずに実現している。



図 7 People like me ボタン

## 5. ケーススタディへの適用

プロトタイプシステムを用いて行った実証実験をもとに実装した機能の意義を述べる。

### 5.1. ケーススタディの概要

実証実験は、台風により河川氾濫・洪水が発生した特定の気象災害の史実を再現するシナリオを作成し、テーブルトップロールプレイングゲーム形式のシミュレーションを実施した。外出中、旅先でスマートフォンを唯一の情報端末と想定し、自らの状況を理解し適切な行動を意思決定できることを検証した。

台風が通過する特定地域の避難状況に関心事に設定し、関心項目としては「普段どおり」、「情報収集中」、「避難準備中」、「避難中」、「避難済み」、「避難できない」を定義した。そして、関心項目の評価に影響する利用者属性として、各々の「滞在地」を定義し、河川の上流にあたる「山間部」と、下流の河口付近にあたる「市街地」を選択して設定し、利用者を二つのグループに分割した。

### 5.2. ケーススタディの実験結果

図 8 は利用者投稿したコンテンツを時系列に表示したタイムライン画面である。左は「People like me」をオフにした全てのコンテンツを閲覧する画面、右は「市街地」でチェックインした利用者が「People like me」をオンにして関心項目が「普段通り」に関連するコンテンツをフィルタリングして閲覧する画面である。投稿者アイコンが左にあるものは「普段通り」を正評価したコンテンツ、右にあるものは負評価（「普段通り」以外の状態であることを意味する）したコンテンツである。



図 8 タイムライン

このように、利用者がコンテキストや関心事項目でフィルタリング範囲を切り替えることで、大量なテキストを全体的な視点、自分に関連する視点で簡単に見比べることができる。

また図 9 はチェックインした属性が異なる利用者が閲覧する「鳥の目」「魚の目」の情報を表示する画面である。左は「山間部」の利用者、右は「市街地」の利用者が閲覧する画面である。



図 9 コンテキストによる行動判断の違い

「山間部」の利用者、「市街地」の利用者で関心事項目の全体の分布、分布の時間的な変化が異なっており、利用者毎に有意なリアルタイムの集団的な知見が得られることを示している。

### 5.3. 実験結果の考察

以上のことから、単純なテキスト中心の情報共有の仕組みに、そのコンテンツに意味を同定する識別子(行動)を付与することで、意味的・内容的な評価を機械的に計算し、その結果を個々人の意思決定に活用することが可能になることが分かる。

コンテキストでのフィルタリングを可能とすることで、元のコンテンツ以上に情報量が増し、利用者全体(一般)の行動判断(評価)と自分と同じ環境(類似集団)の行動判断を見比べることが可能となる。それにより、自身の状況を客観的に見つめ、意を強くする、新たな気づきを得る、時間経過により急速に判断が変わる変化点を捉えることなどができる。

## 6. おわりに

本報告では、機械では難しい意味処理を切り出して人と協調することにより、大量の情報を意味処理可能にするという観点から、コンテキスト・コンピューティングの提案に基づいて、本格的なアプリケーションとしてリリース可能な参照実装を提示した。具体的には、関心事の選択をアプリケーション上で操作することによって、人が情報にコンテキストを与える方式が自然に実装可能となった。そして、人が望む的確な情報の探索を、断片的な情報の集積により可能とする方法に関して、コンテンツに対するメタ情報の処理を中心とした実装で可能となることを示した。そして、避難誘導というトピックでの実証実験により、専門性の高い領域において、集合知の範疇で、本研究の意義が検証できた。

今後、構造化コンテンツに特化した実装構造の最適化や高速化などにより、さらなるコンテキスト処理の高度化が期待できるが、これらは今後の課題である。

## 文 献

- [1] Daniel Goleman, Social Intelligence: The New Science of Human Relationships, Bantam, 2006.
- [2] 牧野友紀,道村唯夫,飯沢篤志,小林茂,和泉憲明, コンテキスト・コンピューティングの構想,知能ソフトウェア工学研究会,2014
- [3] 牧野友紀,道村唯夫,飯沢篤志,小林茂,和泉憲明, コンテキスト・コンピューティングとその応用, DEIM Forum 2014, E7-3, 2014.
- [4] RDF Working Group,Resource Description Framework (RDF):Concepts and Abstract Syntax,World Wide Web Consortium(W3C),2004,<http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- [5] Shafer,G,A,Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press,1976.
- [6] 増永良文, ソーシャルコンピューティング入門,サイエンス社, 2013.
- [7] 西垣通, 集合知とは何か, 中央公論新社, 2013.