

Web サービスにおける意思決定支援に関する研究

A Study of Decision-Making Support on Web Service

金城 伊智子† 木下 正博‡ 嘉数 侑昇†

Ichiko Kinjo Masahiro Kinoshita Yukinori Kakazu

1. はじめに

Web 上には様々かつ膨大な量の情報が存在しており、そこから最新の情報が獲得可能である。近年、このような Web 上の“知識資源”の活用方法が特に重要となっている。本研究では、この資源の利用の仕方として意思決定者が Web 上の資源を有効に利用することを可能にする方法論である。しかし、Web 上の資源となる Web ページは個人や団体が独自に定めた形式によって記述されており、その中から意思決定に必要な情報だけを効率よく抽出することは困難である。そこで、セマンティック Web において辞書に相当するオントロジを作成、利用することによって Web 全体のメタデータを統一し、効率のよい情報収集を可能にすることを目的とする。

また、意思決定を行う際、意思決定者はいくつかの代替案に対して評価を行い、その評価に基づいて代替案を決定する。そこで、提案する方法では Web 上の情報を用いて各代替案に対する評価を行い、その評価を意思決定者に対して提示することにより意思決定を支援する。しかし、意思決定者はしばしばあいまいな評価項目によって各々の代替案を評価しようとする。また、それらのあいまいな評価項目に対して「最低限度この目標は達成したい」という目標値の設定が必要な場合がある。そこで、本研究ではこれらを考慮し、あいまいな評価項目に対して意思決定者の選定条件を設定し、この条件下で最適な代替案を決定することを支援する方法を提案する。

2. セマンティック Web

意思決定を行う際には、各代替案を評価するための評価項目の値が必要となる。その値を Web 上の情報から獲得することを考えた場合、HTML の文書から直接獲得しようと文書をそのまま処理したのでは正確な処理はできない。なぜなら、HTML は自然言語で書かれた文書であるためあいまいさを含有するからである。セマンティック Web ではこの問題に対して機械的に処理することのできるデータ空間を別に用意することで高度な検索サービスなどを可能にしようとしている^[1]。そこで、本研究ではこのようなセマンティック Web を用いて Web 上の情報を解析し、そこから評価項目の値を獲得する。

2.1 オントロジ

セマンティック Web において、個人や団体により全く別の形で定義されたメタデータの融合が考慮されている。それは、同じ意味を示しているが異なった単語が使われている場合に、同じ意味のものは同じものを表すということを明示することによって Web サービスがこれらを同等に扱えることを可能とするものである。このようなデータ間の関

係を表すのがオントロジ^[2]である。機械にとってメタデータを記述/交換するための書式である RDF の属性や XML のタグとして使っている単語は単なる文字列であり、文字列だけであれば、それが一致するかどうかしか処理できない。しかし、どの単語同士が等しいと定義されていれば、様々な処理が可能である。

本研究では、上記したようなオントロジを 1 つに決めるのではなく、複数のオントロジ間で用語の相違を許し、それを同義語と解釈するような変換辞書^[3]を作成する。この変換辞書は、各代替案の Web ページのメタデータから得られる単語の出現頻度パターンを利用し、クラスタリングを行うことにより作成する。作成した変換辞書は意思決定を行う際の評価項目の値となる情報を抽出するための RDF の属性の決定に使用される。決定した属性の情報から RDF の値を抽出し、それを各々の代替案に対する観測可能な評価項目の値として用いる。

3. 意思決定支援

意思決定問題において、意思決定者はしばしば評価項目に基づき代替案を評価する。しかし、ほとんどの場合、これらの評価項目は人間の主観に基づいており、必ずしもはっきりと定義されているとは限らない。さらに、意思決定者がどのような代替案を選びたいかという目標値の設定が必要な場合がある。そこで、本研究ではこれらを考慮し、ファジィ関係不等式を用いた意思決定支援方法を提案する。

3.1 意思決定支援プロセス

意思決定者が代替案を選択する際の意思決定支援プロセスを以下に示す。

- (1) あいまいな評価項目と観測可能評価項目間のファジィ関係の獲得
ファジィ関係は代替案を評価するためのあいまいな評価項目と観測可能な評価項目間の関係をファジィ数で表したものであり、その値を Web 上の情報から獲得する。提案する方法では、Web 上に存在する各代替案の Web ページのメタデータに対してセマンティック Web を用いて統計的に処理を行い、ファジィ関係の値を獲得していく。
- (2) 意思決定者によるあいまいな評価項目に対する目標値の設定
意思決定者の「結果となる代替案は少なくともある最低限の制約を満たさなければならない」という制約をあいまいな評価項目に対する目標値として設定する。
- (3) ファジィ関係不等式を用いた観測可能な評価項目に対する重要度の算出
あいまいな評価項目に対する代替案の評価値を求めるためにファジィ関係とあいまいな評価項目に対する目標値を用いて観測可能な評価項目に対する重要度を算出する。
- (4) 観測可能な評価項目に対する代替案の評価値の獲得
各代替案の Web ページのメタデータから観測可能な評価項目に対する代替案の評価値を獲得する。
- (5) 意思決定者の代替案に対する満足度行列の算出

† 北海道大学大学院情報科学研究科

‡ 北海道工業大学情報工学部

観測可能な評価項目に対する重要度と観測可能な評価項目に対する代替案の評価値を用いて意思決定者の代替案に対する満足度行列を算出する。

- (6) あいまいな評価項目に対する代替案の評価値の算出
満足度行列とファジィ関係を用いることにより、あいまいな評価項目に対する代替案の評価値を算出する。
- (7) 代替案の総合評価
ファジィ測度とファジィ積分によって代替案の総合的な評価値を算出する。
- (8) 意思決定者による代替案の選択
意思決定者は提示された代替案の総合的な評価値に基づき代替案の選択を行う。

3.2 ファジィ関係不等式の解

ここでは、意思決定支援プロセス(3)の観測可能な評価項目に対する重要度を算出するためのファジィ関係不等式の解法について述べる。

あいまいな評価項目の集合 X 、 X と相関関係を有する観測可能な評価項目の集合 Y を、それぞれ

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$$

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

とする。このとき、 X と Y の関係 R は一般的に

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \dots & y_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

で定義される。要素 r_{ij} は x_i と y_j の関連の度合を表し、ファジィ数で表されたものである。また、代替案の集合 C を

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_v\}$$

とする。これらのあいまいな評価項目の要素、観測可能な評価項目要素、ファジィ関係 R 、そして観測可能な評価項目に対する代替案の評価値は Web 上から情報として得られるものである。

観測可能な評価項目の重要度 A と目標値の集合をファジィ数で表した目標値 B の関係は、ファジィ関係式

$$R \circ A = B$$

で表すことができる。ただし、

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_n]^T$$

$$B = [b_1, b_2, \dots, b_m]^T$$

であり、 \circ は $\max \cdot \min$ 合成演算を、 T は転置を意味する。本研究では、 B が目標達成のための最低基準を表すので、上記のファジィ関係式を次のファジィ関係不等式に置き換える。

$$R \circ A \geq B \quad (1)$$

式(1)を要素で表現すると、次のように記述することができる。

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

i 行目の式は

$$\forall_j (r_{ij} \wedge a_j) \geq b_i, \text{ for } \forall i, \forall j \quad (3)$$

と書け、式(3)に対し、 u 演算を以下のように定義する。

$$r_j u b = \begin{cases} [b, 1] & (\text{for } r_{j+k} \geq b), \\ [0, b] & (\text{for } r_{j+k} < b) \end{cases} \quad (4)$$

最終的にファジィ関係不等式の解 a_j はすべての i に対して導かれる解の共通部分として与えられる。すなわち、

$$a_j = \bigcap_i (r_j u b_i)$$

となる。このことより式(2)の解 A は

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_j \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11}ub_1 \cap \dots \cap r_{1i}ub_i \cap \dots \cap r_{1m}ub_m \\ \vdots \\ r_{j1}ub_1 \cap \dots \cap r_{ji}ub_i \cap \dots \cap r_{jm}ub_m \\ \vdots \\ r_{n1}ub_1 \cap \dots \cap r_{ni}ub_i \cap \dots \cap r_{nm}ub_m \end{bmatrix} \quad (5)$$

で与えられる。そこで、合成演算子 \textcircled{u} を

$$r^T \textcircled{u} b = \bigcap_i (r_j u b_i)$$

と定義すれば、式(5)は

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \textcircled{u} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

と記述することができる。すなわち、式(1)で与えられるファジィ関係不等式 $R \circ A \geq B$ の解 A は

$$A = R^{-1} \textcircled{u} B \quad (6)$$

として、簡潔な形で求めることができる。ただし、 $R^{-1} = \{r_{ji}\}$ である。

4. おわりに

本研究では、Web 上の“知識資源”を有効に活用する方法となる Web サービスにおける意思決定を支援する新たな方法論を提案した。そのために、オントロジを実装したセマンティック Web が意思決定のための中間情報を提供する枠組みを示した。また、意思決定者が意思決定を行う際に生じる評価項目に対するあいまいさを考慮し、あいまいな評価項目に対し、「最低限度この目標は達成したい」という意思決定者の選定条件を設定してこの条件下で最適な代替案を決定することを支援する方法を示した。

参考文献

- [1] 松井・津田・上田・小泉・豊内・布目：セマンティック Web におけるメタデータとその活用，情報処理学会誌，43 巻，7 号，pp.718-726(2002)
- [2] 清野・来間・今村：セマンティック Web とオントロジ記述言語，情報処理学会誌，43 巻，7 号，pp.727-733(2002)
- [3] 荻野・神原・清水・豊内・細見・津田・白石・章：セマンティック Web とは，情報処理学会誌，43 巻，7 号，pp.709-717(2002)
- [4] LA.Zadeh：Fuzzy Sets, Information and Control, 8, pp.338-353(1965)
- [5] 宮城・范・山下：合成演算子を用いたファジィ関係式の解法，電気学会論文誌 C, Vol.121-C, No.4, pp.756-761(2001)