

インターネット上の情報 / 知識を扱う意思決定支援システム:DSIU

Decision Support Systems Using Information and Knowledge on the Internet

藤本 和則*¹ 山本 裕*²
Kazunori FUJIMOTO Yutaka YAMAMOTO

*¹ 有限会社フジモト・リサーチパーク 人工知能研究所
Artificial Intelligence Laboratory, Fujimoto Research Park Co., LTD.

*² 京都大学大学院 情報学研究科 複雑系科学専攻
Department of Applied Analysis and Complex Dynamical Systems, Graduate School of Informatics, Kyoto University.

Decision Support for Internet Users, called DSIU, is an area of research, we proposed, for decision support systems using two technologies: automated knowledge acquisition from information on the Internet and automated reasoning about the acquired knowledge. This paper describes a new research on mathematical models for designing decision support systems in DSIU with respect to realizing the systems and giving contributions to society in the near future. The mathematical models enable us to know the required accuracy of knowledge acquisition for decision support processes where the knowledge for the decision is constructed automatically from information on the Internet.

1. はじめに

近年、インターネットの普及により、人間は世界各国に散在する最新の情報を瞬時に取得できるようになった。これにあわせて、ネットから有効な情報を集めて人間の活動に役立てる様々な研究が始められている [武田 02, 和泉 02]。我々は、特に、人間がネット上の情報を使って意思決定する過程に着目し、これを支援するシステムの実現を目指す“DSIU”という研究分野を提案した [Fujimoto 99, 藤本 00]。そして、これまで継続的に研究を行ってきた [藤本 03]。DSIU とは、ネット情報からの知識の自動獲得、および、獲得された知識を使った自動推論の 2 つの技術により、ネットユーザの意思決定支援を試みる研究分野である。DSIU は“デシュウ”と読み、*Decision Support for Internet Users* の略である。

DSIU の研究は、1999 年の人工知能学会全国大会から「近未来チャレンジ」という企画のもとでも進められてきた。この近未来チャレンジは、人工知能の技術を使って社会貢献する枠組を 5 年以内に創出しようという企画である。我々は、近未来チャレンジのもとでは、購入する商品や旅行の行き先などをその属性 (例えば、価格や機能など) に基づいて決める多属性意思決定 [杉本 97, Yoon 95] の支援を取り上げた。そして、(1) ネット上の記述文から知識を自動獲得し、(2) これをユーザの嗜好と合わせて計算機上で合理的な意思決定を実施し、(3) この意思決定の過程をユーザに説明する、という意思決定支援システムの研究を進めてきた [藤本 00]。

我々は、これまで、実際のネット上の記述文を対象に、知識の有無に関する調査 [藤本 02] や知識獲得の自動化手法の開発 [藤本 01] など、実践的な研究を行ってきた。一方、知識の自動獲得に立脚した意思決定支援には、どれくらいの獲得精度が要求されるかという理論的側面については明らかにしなかった。意思決定支援システムを導入する側の立場からすれば、実際にシステムを構築する前に、所望の意思決定支援が可能か否かを検討するための枠組が不可欠といえよう。こうした考えか

ら、我々は、DSIU の意思決定支援に必要な知識獲得精度を導くための数理モデルの構築に取り組んだ。

本稿では、ネット上の主観情報に基づく多属性意思決定を対象に、適切な意思決定に必要な知識獲得精度を与える数理モデルについて述べる。まず、2 章で、ネット上の主観情報に基づいて意思決定を行う多属性意思決定のモデルを示す。3 章では、ネット上の主観情報を獲得して知識ベースを構成する知識獲得システムを含めた意思決定系のモデルを示す。そして、適切な意思決定を行うために必要な意思決定系の性質として、可決定性と可獲得性の 2 つについて述べる。さらに、これらの性質のもと、意思決定系で必要とされる獲得精度の下限の定式化を行う。4 章では、獲得精度の指標として、情報検索システムの評価によく用いられる F 値 [Rijsbergen 79] を取り上げ、いくつかの意思決定系について、実際に必要とされる獲得精度の下限の計算を行う。

2. 多属性意思決定のモデル

ネット上には、商品や旅先などについて、様々な主観情報が存在する [藤本 02]。こうした主観情報は複数の知識提供者から提供されることが多い。例えば、デジタルカメラについては“画質が良い”や“手軽に使える”など、また、旅先については“スリルがある”や“歴史的に重要である”などの主観情報が存在する。そして、これらの情報は、メーカーのサイトや電化商品の評価サイト、あるいは、自治体のサイトやテーマパークのサイトなどに、異なる複数の立場から提供される。ネット上の主観情報を使った意思決定では、これらの主観情報を集めて知識ベースを構成し、これに基づいて代替案の選択を行う。以下では、この知識ベースと、知識ベースから代替案を選定する意思決定ルールを形式化を行う。なお、本稿では、主観情報の種類の数を l 、知識提供者の総数を n 、代替案の集合を $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_m\}$ と書く。

知識ベースの形式化にあたって、まず、ある代替案 ω について、知識提供者の主観情報を集めた獲得知識行列 K_ω を次

連絡先: 〒 532-0004 大阪市淀川区西宮原 2-7-59-1204,
有限会社フジモト・リサーチパーク,
TEL & FAX: 06-6397-3057,
E-mail: frp@palette.plala.or.jp.

のように書く．

$$K_\omega = \begin{pmatrix} \tau_{11}^\omega & \tau_{12}^\omega & \cdots & \tau_{1l}^\omega \\ \tau_{21}^\omega & \tau_{22}^\omega & \cdots & \tau_{2l}^\omega \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \tau_{n1}^\omega & \tau_{n2}^\omega & \cdots & \tau_{nl}^\omega \end{pmatrix}$$

ここに，第 j 行 $(\tau_{j1}^\omega \ \tau_{j2}^\omega \ \cdots \ \tau_{jl}^\omega)$ は，第 j 番目の知識提供者の文書から獲得された情報で，それぞれの値は，代替案 ω についての主観情報 k が有れば 1，無ければ 0 をとる．すなわち， τ_{jk}^ω は，第 j 番目の知識提供者の文書についての値で，

$$\tau_{jk}^\omega = \begin{cases} 1 & (\text{主観情報 } k \text{ 有り}) \\ 0 & (\text{主観情報 } k \text{ 無し}) \end{cases}$$

である．獲得知識行列の列番号 $1, \dots, l$ を代替案の属性，第 k 列ベクトル $(\tau_{1k}^\omega \ \tau_{2k}^\omega \ \cdots \ \tau_{nk}^\omega)$ を属性 k の属性値ベクトルと呼ぶ．この獲得知識行列のもと，代替案集合 Ω のそれぞれについて獲得知識行列を集めた $\Delta = \{K_\omega \mid \omega \in \Omega\}$ を知識ベースと呼び，知識ベースとしてありえる全体を \mathcal{D} と書く．

意思決定ルールは，知識ベース Δ に基づいて，代替案の集合 Ω からいくつかの代替案 ω を選定する規則である．こうしたルールは，知識ベースの全体集合 \mathcal{D} から代替案集合 Ω の部分集合の全体 \mathcal{S} への写像 $\delta: \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{S}$ として捉えることができる (ここに \mathcal{S} は空集合及び全体集合 Ω を含む)．ここでは，意思決定ルールとしてありえる全体 \mathcal{R} を， \mathcal{D} から \mathcal{S} への写像としてありえる全体とする．

以上のように，本研究では，ネット上の主観情報に基づく多属性意思決定のモデルを，知識ベース $\Delta \in \mathcal{D}$ と意思決定ルール $\delta \in \mathcal{R}$ の組とした．

3. 意思決定系の数理モデル

本章では，ネット上の主観情報を利用する意思決定系において，適切な意思決定に必要なとされる獲得精度の下限を与える数理モデルについて述べる．

3.1 意思決定系のモデル

図 1 に，知識獲得システムを使ってネット上の知識源から知識ベースを獲得し，この知識ベースを用いて意思決定を実施する意思決定系のモデルを示す．

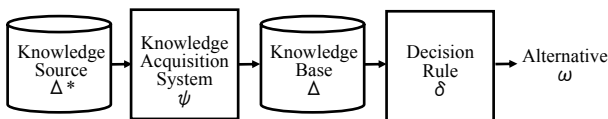


図 1: 意思決定系のモデル

図において，知識源 Δ^* は，知識ベースを獲得するもととなるネット上の主観情報である．知識源の形式化にあたって，まず，代替案 ω についての知識源行列を獲得知識行列と同様に，次のように書く．

$$K_\omega^* = \begin{pmatrix} \tau_{11}^{*\omega} & \tau_{12}^{*\omega} & \cdots & \tau_{1l}^{*\omega} \\ \tau_{21}^{*\omega} & \tau_{22}^{*\omega} & \cdots & \tau_{2l}^{*\omega} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \tau_{n1}^{*\omega} & \tau_{n2}^{*\omega} & \cdots & \tau_{nl}^{*\omega} \end{pmatrix}$$

ここに， $\tau_{jk}^{*\omega}$ は，獲得知識行列の定義と同様に 0 または 1 の値をとる．このとき， $\Delta^* = \{K_\omega^* \mid \omega \in \Omega\}$ を知識源と呼び，知識源としてありえる全体を \mathcal{D}^* と書く．

知識獲得システム ψ は，知識源 Δ^* から知識を獲得して，知識ベース Δ を構成する．こうしたシステム ψ は，知識源の全体集合 \mathcal{D}^* から知識ベースの全体集合 \mathcal{D} への写像 $\psi: \mathcal{D}^* \rightarrow \mathcal{D}$ として捉えることができる．ここでは，知識獲得システムとしてありえる全体 Ψ を， \mathcal{D}^* から \mathcal{D} への写像としてありえる全体とする．また，知識獲得システムの全体 Ψ から 0 から 1 までの実数への写像を $F: \Psi \rightarrow [0, 1]$ とする．写像 F が，知識源 Δ^* と同一の知識ベース Δ を与える ψ には最大値の 1 を，知識源 Δ^* の 0,1 が全て逆転した Δ を与える ψ には最小値の 0 をそれぞれ与えるとき，写像 F を獲得精度指標と呼ぶ^{*1}．

以上のように，意思決定系では，知識獲得システム $\psi \in \Psi$ は，知識源 $\Delta^* \in \mathcal{D}^*$ から知識ベース $\psi(\Delta^*)$ を獲得し，この知識ベースに意思決定ルール $\delta \in \mathcal{R}$ が適用されて代替案が選定される．本研究では，こうした意思決定系を，この 3 つの組 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ として表す．2 章に述べた多属性意思決定のモデルは，知識ベースから先，すなわち，知識ベースに意思決定ルールを適用して代替案を選定する部分のモデルである．意思決定系のモデルは，この多属性意思決定の過程に，知識を獲得する過程，すなわち，知識獲得システムを使って知識源から知識ベースを構成する過程を加えたモデルである．

3.2 可決定性と可獲得性

我々は，意思決定系で意思決定を適切に行えるかという問題を，(1) そもそも知識源のみを使って適切に意思決定できるか，(2) 知識ベースを使った意思決定により知識源をそのまま使った意思決定を再現できるか，という 2 つに分けて捉えた [藤本 03]．前者を可決定性，後者を可獲得性と呼ぶ．以下では，意思決定できるかどうかを一つの代替案に決められるかどうかと捉えて，それぞれの性質の形式化を行う^{*2}．

定義 1 (可決定性) 知識源 $\Delta^* \in \mathcal{D}^*$ ，知識獲得システム $\psi \in \Psi$ ，意思決定ルール $\delta \in \mathcal{R}$ である意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ について，

$$|\delta(\Delta^*)| = 1 \tag{1}$$

が成り立つとき，意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ は可決定であるという．□

定義 2 (可獲得性) 知識源 $\Delta^* \in \mathcal{D}^*$ ，知識獲得システム $\psi \in \Psi$ ，意思決定ルール $\delta \in \mathcal{R}$ である可決定な意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ について，

$$\delta(\psi(\Delta^*)) = \delta(\Delta^*) \tag{2}$$

が成り立つとき，意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ は可獲得であるという．□

以下では，それぞれの性質の意味について説明を加える．

可決定性: 意思決定系が可決定でないとは，ネット上にその意思決定を行うための主観情報が十分でないことを意味する．可

*1 獲得精度指標の値域は必ずしも 0 から 1 である必要はないが，ここでは，理論的な扱いの容易さから $[0, 1]$ の実数とした (多くの場合，適当な正規化により 0 から 1 の値として扱える)．

*2 ここでは代替案一つに決められるかとして定式化を行ったが，原理的には，ある代替案の集合に決められるかとすることも可能である．

決定でなければ、ネット上の主観情報のみを使って意思決定を支援することは、そもそもできないことになる。この場合、ネット上の主観情報を充実させたり、ネット上以外の主観情報を用いるなど、抜本的な対応が必要となる。

可獲得性: ある意思決定系が可獲得でないとは、ネット上の主観情報を十分な精度で自動獲得できないことを意味する。可獲得でなければ、ネット上の主観情報のみを使って意思決定を支援することは、用意した知識獲得システムではできないことになる。この場合、より精度の高い獲得技術の開発が必要となる。

このように、ネット上の主観情報を使った意思決定支援のためには、意思決定系は可決定、かつ、可獲得でなければならない。

3.3 獲得精度の下限

本節では、可決定性と可獲得性の2つの性質に基づいて、意思決定系で必要とされる獲得精度の下限の定式化を行う。

定義3 (獲得精度の下限) 知識源 Δ^* について獲得精度 f 以上 ($f \in [0, 1]$) を達成する知識獲得システムの集合を $\Psi_f^{\Delta^*} (\subseteq \Psi)$ とする。このとき、可決定な意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ を可獲得にする獲得精度 f の下限:

$$\sup_{f \in [0, 1]} \{f \mid \delta(\psi(\Delta^*)) = \delta(\Delta^*) \text{ for all } \psi \in \Psi_f^{\Delta^*}\} \quad (3)$$

を意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ での獲得精度の下限と呼ぶ。□

こうした獲得精度の下限は、可決定な意思決定系を前提に、系が可獲得であることを保障するのに最低限必要な獲得精度を与えるものである。以下では、こうした獲得精度の下限について説明を加える。

意思決定系を構成するにあたって、知識源と意思決定ルールは、ネット上の主観情報を調べ、そして、対象とするユーザの意思決定方略を調べて、それぞれ定められる。知識源と意思決定ルールが決まったとき、獲得精度の下限は、利用する知識獲得システムに最低限要求される獲得精度を与えるものである。例えば、対象とする知識源については、経験的に、実現可能な獲得精度が分かっているとす。このとき、意思決定系での獲得精度の下限がこの経験値より小さければ、実際に知識獲得システムを実装することにより、所望の意思決定系を実現できることになる。これに対して、獲得精度の下限が経験値より大きければ、知識獲得システムを実装しても、所望の意思決定系は実現できないことになる。この場合は、より精度の高い知識獲得方式などの開発を行うなど、抜本的な対策が必要となる。以上のように、獲得精度の下限は、所望の意思決定系が実現できるかどうかについての検討を、システムの構築前に行うことを可能にするものである。

4. F 値を用いた計算例

本章では、獲得精度指標として、情報検索システムの評価によく用いられる F 値 [Rijsbergen 79] を取り上げ、いくつかの意思決定系について、実際に獲得精度の下限の計算を行う。なお、以下では、獲得精度指標として F 値を用いた場合の獲得精度の下限を限界 F 値と呼ぶ。

4.1 F 値

本節では、意思決定系の獲得精度指標として F 値の定式化を行う。まず、意思決定系の知識獲得システムについて、適合

率と再現率を定義し、そして、適合率と再現率に基づいて F 値の定義を行う。

意思決定系において、適合率は知識ベースの要素を 1 としたものを前提に、再現率は知識源の要素で 1 であるものを前提に、それぞれ知識源の要素の値のまま正しく獲得できる割合を示す。以下に、適合率、再現率の定義を示す。

定義4 (適合率, 再現率)

意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ において、知識源 Δ^* と知識ベース $\psi(\Delta^*)$ の全ての要素組 $(\tau_{jk}^{*\omega}, \tau_{jk}^{\omega})$ について、値が $(1, 1)$, $(1, 0)$, $(0, 1)$, $(0, 0)$ である個数をそれぞれ c_{11} , c_{10} , c_{01} , c_{00} とする。このとき、

$$P_{\langle \Delta^*, \psi \rangle} = \frac{c_{11}}{c_{11} + c_{01}}$$

$$R_{\langle \Delta^*, \psi \rangle} = \frac{c_{11}}{c_{11} + c_{10}}$$

をそれぞれ知識獲得システム ψ の適合率、再現率と呼ぶ (共に、分母の値が 0 の場合は 0 とする)。□

この適合率と再現率に基づいて、F 値は、次のように定義される。

定義5 (F 値)

意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ において、

$$F_{\langle \Delta^*, \psi \rangle} = \frac{(\beta^2 + 1) \cdot P \cdot R}{\beta^2 \cdot P + R} \quad (4)$$

を知識獲得システム ψ の F 値と呼ぶ (分母の値が 0 の場合は 0 とする)。ここに、P, R は意思決定系 $\langle \Delta^*, \psi, \delta \rangle$ での知識獲得システム ψ の適合率、再現率である。また、 β は $\beta \geq 0$ なる実数で、適合率へ比した再現率の重要さの程度を示す係数である。□

F 値は、その定義から $\beta = 0$ のとき適合率に一致し、 $\beta = \infty$ のとき再現率に一致する。知識源と同一の知識ベースを与える知識獲得システムでは、適合率、再現率ともに 1 となるので、F 値はその最大値の 1 を与える。また、知識源の 0,1 が全て逆転した知識ベースを与える知識獲得システムでは、適合率、再現率ともに 0 となるので、F 値はその最小値の 0 を与える。したがって、F 値は、3.1 節に述べた獲得精度指標の一つである。

4.2 計算例

本節では、具体的な知識源と意思決定ルールのもとに、実際に、獲得精度の下限として限界 F 値の計算を行う。計算にあたっては、代替案数 $m = 2$ 、主観属性数 $l = 3$ 、知識提供者数 $n = 3$ とした。また、知識源としては、次の 3 つを取り上げた。知識源 Δ_1^* は 2 つの知識源行列の要素の差異が最も小さくなる知識源で、 Δ_2^* , Δ_3^* の順にその差異が小さくなる。

$$\Delta_1^* = \left\{ \left(\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \right), \left(\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \right\}$$

$$\Delta_2^* = \left\{ \left(\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{array} \right), \left(\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \right\}$$

$$\Delta_3^* = \left\{ \left(\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{array} \right), \left(\begin{array}{ccc} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \right\}$$

意思決定ルールとしては、加算型、辞書編纂型、属性消去型の3つを取り上げた[杉本 97]。これらの意思決定ルールは、代替案の各属性値に基づいて代替案の選定を行う。ここでは、この属性値を、知識ベースから得られる属性値ベクトルの1の要素の個数とした。例えば、知識ベースにおいて、属性値ベクトルが(1, 1, 1)である属性の属性値は3となる。ここでは、こうした属性値に基づく加算型、辞書編纂型、属性消去型の意思決定ルールとして、それぞれ次のルールを取り上げた。これらの意思決定ルールは、いずれも、属性値の大きい属性をもつ代替案を優先して選定するルールである。

加算型 δ_1 各代替案について、全属性にわたっての全体的な評価がなされ、全体的評価が最良である代替案を選ぶ。ここでは、各属性値の線形和として全体的な評価値を求め、この評価値が最大になる代替案を選ぶモデルとした。なお、線形和での各属性値の重みは等しく1とした。

辞書編纂型 δ_2 最も重視する属性において最も高い評価値、すなわち、最も大きい属性値の代替案を選ぶ。最も重視する属性において同順位の代替案が出た場合には、次に重視する属性で判定が行われる。ここでは、属性3,2,1の順に優先するモデルとした。

属性消去型 δ_3 重視する属性から順に必要な条件を満たしているかどうかを検討し、必要条件をクリアしていない代替案を消去して代替案を選ぶ。ここでは、属性3,2,1の順に、属性値が1以下の代替案を消去するモデルとした。

以上に示した3つの知識源と3つの意思決定ルールを組み合わせて構成される9つの意思決定系は、いずれも可決定であり、知識源の第1項に対応する代替案が唯一選ばれる。これらの知識源と意思決定ルールのもとに、意思決定系の限界F値の計算を行った。限界F値の計算にあたっては、まず、ありうる全ての知識ベースを生成し、それぞれの知識ベースについてF値を計算した。そして、系を可獲得にするF値の下限を1から0へ幅0.01で調べながら見つけるという方法を用いた。また、F値の係数 β の値は1とした。各意思決定系における限界F値の計算結果を表1に示す。

表 1: 各意思決定系の限界 F 値

意思決定ルール	知識源 Δ_1^*	知識源 Δ_2^*	知識源 Δ_3^*
加算型 δ_1	0.67	0.73	0.82
辞書編纂型 δ_2	0.73	0.78	0.87
属性消去型 δ_3	0.88	0.95	0.96

表において、同一の意思決定ルールについては、知識源 Δ_1^* , Δ_2^* , Δ_3^* の順で、限界F値の値が大きくなっているのがわかる。これは、可獲得である意思決定を実現するには、2つの知識源行列の要素の差異が小さくなるほど、より獲得精度の高い知識獲得システムを用意しなければならないことを示している。また、同一の知識源については、加算型 δ_1 、辞書編纂型 δ_2 、属性消去型 δ_3 の順で、限界F値の値が大きくなっているのがわかる。これは、特定の属性を優先して評価するルールでは、その属性についての獲得誤りが重大に効くので、その分大きな獲得精度を要求されるためと考えられる。以上のように、限界F値の値を得ることにより、知識獲得システムに要求される獲得精度の下限を知ることができる。

5. おわりに

本稿では、主観属性に基づく多属性意思決定を対象に、適切な意思決定に必要な知識獲得の精度を与える数理モデルについて述べた。この数理モデルは、DSIUの意思決定支援において、知識獲得システムに要求される獲得精度の下限を知るためのものである。本稿では、3章に、意思決定系で必要とされる獲得精度の下限の定式化を行った。この獲得精度の下限は、所望の意思決定系が実現できるかどうかについての検討を、システムの構築前に行うことを可能にするものである。4章では、獲得精度の指標として情報検索システムの評価によく用いられるF値を取り上げ、いくつかの意思決定系について、実際に獲得精度の下限の計算を行った。この獲得精度の下限の計算にあたっては、今回は、ありうる全ての知識ベースを生成して下限を見つける方法を用いた。こうした方法では、計算に膨大な時間を要するので、サイズの大きな知識源を扱うことができない。今後は、より大きなサイズの知識源を扱うため、獲得精度の下限を解析的に導き出す方法の開発を進める。そして、商品や旅行先に関する実際の知識源を対象に、DSIUの枠組みに立脚した意思決定支援システムの実現可能性について検証を行う予定である。

謝辞

本研究については、植野 真臣助教授(長岡科学技術大学)から貴重な助言をいただいた。ここに記して感謝する。

参考文献

- [Fujimoto 99] Fujimoto, K. and Matsuzawa, K.: Intelligent Systems Using Web-pages As Knowledge Base for Statistical Decision Making, *New Generation Computing*, Vol. 17, No. 4, pp. 349-358 (1999).
- [Rijsbergen 79] Rijsbergen, C. J. V.: *Information Retrieval. 2nd edition*, Butterworths (1979).
- [Yoon 95] Yoon, K. P. and Hwang, C.-L.: *Multiple attribute decision making: An introduction*, SAGE Publications (1995).
- [杉本 97] 杉本徹雄編著: 消費者理解のための心理学, 福村出版 (1997).
- [藤本 00] 藤本, 賀沢, 佐藤, 阿部, 松澤: DSIU システム: Decision Support for Internet Users 「ネット情報を使ってホットなものをあなたに!」, 人工知能学会論文誌, Vol. 15, No. 1, pp. 61-64 (2000).
- [藤本 01] 藤本, 賀沢, 佐藤, 島津, 北: ネット情報を使った意思決定支援 DSIU における知識獲得技術, 人工知能学会論文誌, Vol. 16, No. 1, pp. 120-129 (2001).
- [藤本 02] 藤本, 島津: DSIU: ネットユーザのための意思決定支援-個人ページの利用価値とプロトタイプの構築を中心に, 人工知能学会論文誌, Vol. 17, No. 2, pp. 162-165 (2002).
- [藤本 03] 藤本, 島津, 山本: DSIU: ネットユーザのための意思決定支援-研究の進捗と数理モデル構築へ向けたチャレンジを中心に, 人工知能学会論文誌, Vol. 18, No. 1, pp. 36-44 (2003).
- [武田 02] 武田英明: 知性のネットワークとしての WWW-Web インテリジェンスに関する一考察-, 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 3, pp. 346-351 (2002).
- [和泉 02] 和泉, 武田, 山口: 意味理解する Web を目指して-次世代 Web の方向性を探る-, 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 4, pp. 384-391 (2002).