

## 知識共生

—新しい知識流通の基盤を目指して—

## Knowledge Symbiosis

- Towards a new infrastructure for knowledge circulation -

武田 英明  
Hideaki Takeda市瀬 龍太郎  
Ryutaro Ichise村田 剛志  
Tsuyoshi Murata本位田 真一  
Shinichi Honiden

## 国立情報学研究所

National Institute of Informatics

In this paper, we propose knowledge symbiosis, a new concept for information exchanging for network. In order to realize effective and useful information exchanging, we should consider processes to produce and to use information. We introduce knowledgeable entity as producer and consumer of information, and model information exchanging as interaction of knowledgeable entities. Since knowledge has variety and dynamics by nature, knowledgeable entities are rarely consistent. Rather solving inconsistency is the important trigger of knowledge interaction. We show three different types of approach for knowledge interaction, i.e., modeling as static relationship, modeling as dynamic relationship, and modeling as human relationship. We identify tasks for each approach and show some of our work in progress for them.

## 1. はじめに

インターネットの普及は情報の爆発的流通を可能にしている。現在はインターネットを通じて人々・組織が多様かつ大量の情報を公開し、また受け取り可能になっている。このように世界中に情報洪水とまで称されるまで情報は量的に増大したが、受け取る側の変化はこれに比べると緩慢である。これは情報発信だけに技術発展が偏り、情報をどう利用していくかという面の技術発展が進んでいないことに起因すると思われる。

本研究の目標はインターネットでの情報流通のための新しいモデルを構築することである。そのために情報ネットワークとは知識と知識が共生する空間であるという仮説に基づき、研究を進める。

## 2. 背景

情報流通の抱える問題点は大きく分ければ情報の量に関わる問題と情報の質に関わる問題の2つになる。現在 Web ページはサーチエンジンが集めたものだけでも 20 億ページあるといわれている[1]。この巨大な情報源をどう処理するかは情報処理の課題であることは確かである。しかし、量だけが問題ではない。流通する情報の質に関わる部分も重要である。WWW で提供される情報のほとんどが直接あるいは間接人間の活動に関わるものであるので、ここでの情報の質とはどれだけ情報が“意味あるものであるか”ということになる。例えば検索において 100 件返答があろうが 1000 件返答があろうが、1 件しかユーザによって役に立つものがなければそれは同じである。

情報処理においてはそういった意味的な記述も結局は情報の一つであるので、これをメタ情報と呼ぶことにする。情報の意味的側面までサポートしようとする試みは現在さまざまな方法で行われている。

このメタ情報の取り扱いには現在2つの方法がある。まず、収集する WWW ページに付加的な情報をつけていく方法は情報検索手法さらには自然言語処理手法を用いて行われている(図

1(b))。あるいはメタデータ、XML、マルチメディアアノテーション、Semantic Web のように情報提供において意味的側面の記述を付加する方法も行われている(図 1(c))。

しかし、このような統一的なメタ情報の付加の方法では意味的側面を捉えるには不十分である。“意味”を適切に記述して利用するには、情報の提供者あるいは利用者の立場にたたないといけない。たとえば、情報の提供者／利用者のもつ意味的側面は多様でありかつ変化の多いものである。そのようなメタ情報はあらかじめフォーマットを規定して情報に付加していく方法では取り込むことができない(図 1(d))。

ここではこの意味付与／理解過程での情報の提供者や利用者という立場をそれぞれの持つ知識に基づく処理と考える。すなわち、適切な情報流通を可能とするには知識レベルでの情報の記述さらには交換を実現する必要がある。

## 3. 知識共生の基本的アイデア

我々のもつ知識は極めて不統一かつ変化の激しいものである。むしろ統一かつ固定的な知識である辞書や教科書も知識のひとつの形態であろう。しかし、それらはそれらの編纂者がある時点で切り出して苦労して統一的に作り上げたものであって、我々が日常的にもつ知識とは異なるものである。また不統一だからといって個々の知識が無関係というわけではない。むしろ相互に影響し合って変化しているものと思われる。

データ、情報、知識の定義についてはかなり困難であるが、たとえば以下のような定義が可能であろう。

- 情報: “意味”をもったデータ
- 知識: 情報を処理・解釈する元、すなわち意味づけをおこなう元。知識が情報処理の文脈にあるときは、知識はデータの一部であるので、情報を解釈するための元となるデータ。

知識は処理を行う主体というものがあることが前提である。また処理や解釈を行う以上その目的も前提である。知識にはそれを用いる主体やその目的があるという前提が必須であり、さらにはそれらが異なることが重要である。

連絡先: 武田英明, 国立情報学研究所, 〒101-8430 千代田区一ツ橋 2-1-2, 電話 03-4212-2543, Fax 03-3556-1916, takeda@nii.ac.jp

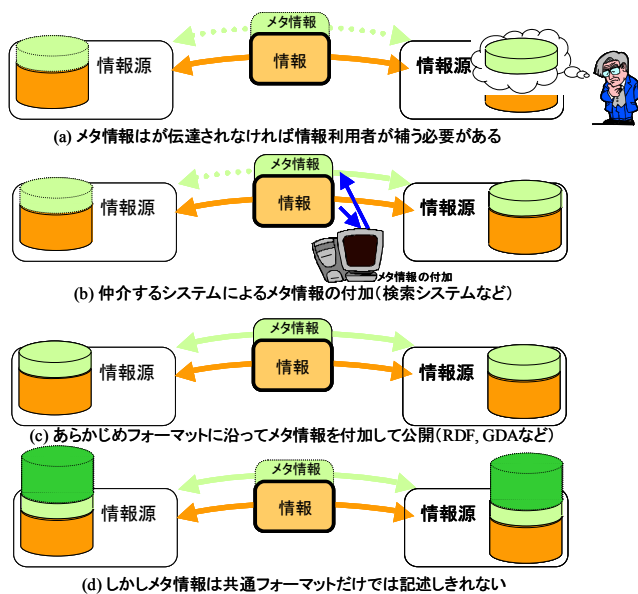


図1 メタ情報の取り扱い

このような知識を扱うためにはこれまでの固定的な知識記述の方法では不適切である。そこで知識主体とその相互作用によるモデルを仮定することにする。

知識をもつ担体、知識主体(knowledgeable entity)というものを仮定する。この知識主体は知識を利用して問題を解決したりすると同時に自らの知識を拡張する。知識主体は計算機によるプログラム(いわゆるソフトウェアエージェント)であってもよいし、人間、あるいは人間のグループであってもよい。

インターネットにおける情報流通はこの知識主体間の関係を用いて再定義される。インターネットに存在するそれぞれの情報源もここでいう知識主体であり、またインターネットの利用者も同様である。このような利用者と情報源の関係も知識主体間の関係として再定義される(図2)。

ただし先に述べたようにこれらの知識主体は固定された知識に基づくのではなく知識主体間のインタラクションを通じて自らの知識を変化・拡張させていく。すなわち情報流通もそれに伴って変わっていく。このような変化をいかにモデル化していくかが重要な課題である。

#### 4. 研究方針

本研究の目的は、上記のような背景のもと、情報を利用の面からモデル化を行い、情報の流通を内容(コンテンツ)面から支援する仕組みを作ることにある。ここでの研究のアプローチとしては情報の内容を意味づける知識のレベルから情報のモデル化を行い、異なる知識間のインタラクションとして情報利用をモデル化する。本研究ではこの異なる知識間のインタラクションを知識共生(Knowledge Symbiosis)と呼び、この新しい概念による情報のモデル化を提示すると共に、このモデルに基づくプロトタイプシステムの構築や設計方法論(design methodology)の提案をすることを目標とする。

この知識共生モデル構築にあたっては、我々人間社会のもつ柔軟性とダイナミクスをどう情報処理モデルに取り込めるかが解決の鍵である。人間社会においては、(1)メンバーの自律かつ相互依存、(2)システム全体の安定・安全、(3)システム自身の自律的成長、といった一見相矛盾する性質が実現されている。本研究が目指すのはこのような性質をもつ分散知識システムである。

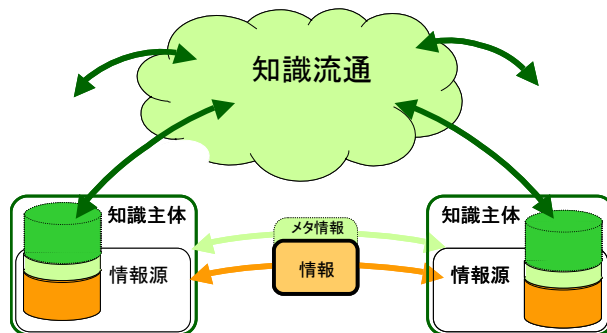


図2 知識主体のインタラクションとしての情報流通

知識共生モデルにおいては知識は全体として整合性のあるものでなく、むしろ個々の知識は部分的には対立したり矛盾したりするものととらえられる。重要な点は知識は対立するとともに依存しあうといった複雑な状況にあるということである。このような知識間の関係を人間は適切に扱い、複数の知識を統合したり、新しい知識を生み出したりしている。この知識間の関係を適切にモデル化し、知識統合や知識形成を導き出すことが技術的な目標となる。

この実現に3つの視点から取り組む。第1は静的な視点であり、与えられた複数の異なる知識の差異や共通性、依存性を発見し、統合の方法を見付けるかについての研究である。第2の視点は動的な視点であり、複数の知識がいかに差異や共通性を互いに見出していくプロセスに注目して、その部分のアルゴリズム化を行うというものである。第3の視点は人間の活動に注目するものである。人間のコミュニティ活動は知識共生モデル構築のためのモデルであると同時に知識共生システムのターゲットでもある。この3つの視点は相補的であり、全体として知識共生モデルを構成することが期待される。

#### 5. 関連研究

以下、関連する研究を概観して、研究の具体的方法について述べる。

##### 5.1 知識ネットワーク

情報ネットワークを知識のネットワークとしてみる考えは決して新しいものではない。すでに DARPA Knowledge Sharing Effort においても VKB(Virtual Knowledge Base)という考えが提唱されており、ネットワークのそれぞれの情報源を仮想的な知識ベースとみなすという方法をとっている[2]。近年では Semantic Web[3]が近い概念である。

Semantic Web は Web をより知的にするためにこれまで semantics であるとされてきた情報の意味づけをより Web の syntax に取り込もうというもので、そこではオントロジーも syntax に取り込まれている。これは KSE のアプローチの Web 版とでもいべきもので、KSE では KIF と Ontolingua で行われていたものが XML と XML ベースのオントロジー記述言語(RDF, RDF Schema, DAML+OIL)に置き換えられたものである。Web を知識ベースにするという基本的アイデアは本研究と同じである。KSE とは異なりオントロジーの不整合をどう解決するかは重要な課題であると認識されているが、基本的に知識は整合的であるべきという基本認識は KSE と同じである。もし整合的であれば主体もあまり問題にならない。

著者の一人が関わっていた知識コミュニティでは KSE における知識とその共有の概念から研究をはじめたが[4]、しだいにエージェントのネットワークから人間のネットワークへと研究対象を変えてきた[5]。これは知識の多様さの問題、知識を担う主体の

問題を認識してからである。しかし、エージェントのネットワークと人間のネットワークを統合的には扱っていない。本研究では基本的な考えは同じであるものの、より包括的アプローチである。

## 5.2 エージェント

ソフトウェアエージェントにおいては知識の問題は本質的でなく、いかにタスクが成就するかが本質的な問題である。しかし、エージェントの環境が異なる場合、たとえば異なる環境で作られたエージェント間のコミュニケーションやエージェントが異なる環境へ移動する場合などにおいては、エージェントがどのような知識を前提として設計されたかということが問題になる。それは当然エージェントがもつ知識に反映される。しかしその場合でも知識は手続きの中に埋め込まれている場合が多い。

著者の一人は、開放型分散環境において柔軟な動作を実現する自律的なソフトウェアアーキテクチャの実現を目指して、プランニングモバイルエージェントの研究を進めてきた[6]。その一環として、知的モバイルエージェント **Plangent** を公開してきた。**Plangent** は、プログラマによるエージェントの制御性を重視して実現されており、プログラマに対してプランニングや移動の制御を行うためのメタレベルコマンドを開放することでプログラマ自身がエージェントのメタ動作を制御することが出来るようになっている。このアプローチはエージェント動作の確実性を増すためには有効であるが、その一方でメタレベル動作を定義するだけでプログラマの開発コストが増すことになる。

## 5.3 コミュニティ

人間のコミュニティは知識の重要な源である。野中ら[7]の指摘にもあるように人間の創造的活動はグループでより発揮されやすい。そのようなグループあるいはコミュニティはそれ自身がここにいる知識主体であると考えられる。すなわち一定の目的をもって問題を解決することができる主体である。

ネットワークにはすでに数多くのコミュニティが存在する。それを知識主体として利用することができれば知識ネットワークはきわめて豊かになることができる。

## 6. 研究の方針とこれまでの取り組み

個別の研究目標と関連する現在取り組んでいる研究は以下のとおりである。知識としては基本的に WWW の情報を対象にして行う。

### 6.1 知識主体の静的関係の構築

ここではいかに多視点を統合するのではなく、共存する仕組みを作り上げるかが技術目標である。複数の知識間の関係を矛盾をどう取り扱うかによって以下のようにわけることができる。

#### 1. 統合型関係

これは複数の知識が矛盾なく結びつく状況のとき可能になる。あるいは矛盾があるときはどれかを選択することで無矛盾性を保つ。このような状態はある種の理想状態であり、現実的な状態ではない。多くの知識統合、オントロジー統合はこのレベルにある。複数の知識のうちどれかが基準となり、それにあわせていく場合が多い。

#### 2. 相互依存型関係

お互いに矛盾がない部分を利用する。矛盾は解消されないが、避けることができる。複数の知識のうち、どれかが基準となるのではなく、どれもが基準となりうる。ある知識から見て、ほかの知識の内容で利用可能な部分は利用する。その知識から見た場合無矛盾であるが、複数の知識全体が無矛盾であることは保

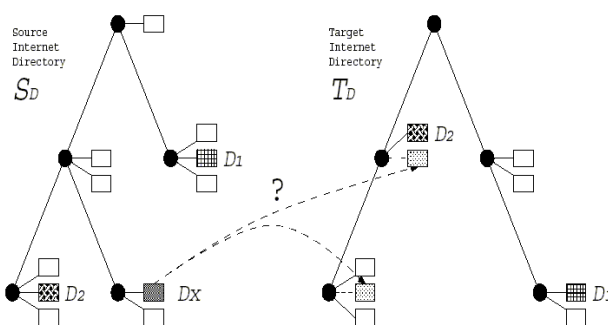


図3 概念階層間の関係の発見

証できない。オントロジーも本質的にこのような性質をもつと思われる。

### 3. 合意形成型関係

関係矛盾する知識を互いに修正したり追加することで合意を得ていく関係。このレベルにおいて複数の知識が矛盾を解消することができる。どのように合意を形成するかが鍵となる。議論するというのもひとつの方法であると思われる[8]。

現在、われわれが取り組んでいる知識 alignment[9][10]は相互依存レベルの一研究であるといえる。ここでは概念体系間の関係、とくにインターネットのディレクトリサービスのディレクトリ間の関係を発見する。この関係はどれかひとつの概念体系が他を摂取するのではなく、複数概念体系間で相互に欠けている部分を補うような関係である。たとえば、ある概念体系  $S_D$  と  $T_D$  があり、概念  $D_1$ ,  $D_2$  が双方にあり、 $D_3$  が  $S_D$  にしかなかった場合、 $D_1$  や  $D_2$  などの共有する概念の位置から概念  $D_3$  の概念体系  $T_D$  における位置を推定するというものである(図3)。

## 6.2 知識主体の動的関係の構築

知識主体の動的な関係とはその複雑さから3つのレベルに分けることができる。

1. 個々の主体での知識の自律的構築
2. 複数の主体のインタラクションによる主体間関係の構築
3. 知識主体の再構成

1. においてはエージェントがもつ知識をいかに環境とのインタラクションを通じて自律的に構築するかが課題である。2においては相互の役割分担などエージェント間の関係を構築する。3においては必要に応じてエージェントの生成や分割、統合を可能とする。

先に述べたように **Plangent** ではエージェントにメタレベルの動作まで記述することでより適切な行動をさせることができるが、その記述を人間が与えるだけでは労力がかかる上、新しい状況に対処できない。

そこで、新たに、エージェント自身の自律性を重視するアプローチを提案した[11]。ここでは、エージェントはメタレベル層によって階層型プランニングやメタ移動などのメタレベル動作を自律的に行うことを実現している。この結果、プログラマ自身はメタ動作の定義を行う必要はなく、アプリケーション実現のために必要な知識の構築だけに専念することが出来る。さらにメタ移動の実現はプログラマをリソース検索や知識検索といった分散環境において頻出する動作の記述から開放し、個々のリソースや知識の位置を意識せずにアプリケーションを構築することを可能としている。すなわち、**Plangent** によって実現したプランニングとモビリティの能力を併せ持つエージェントに加え、メタレベルコントローラによって知識検索や例外的状況からの復帰などの各種

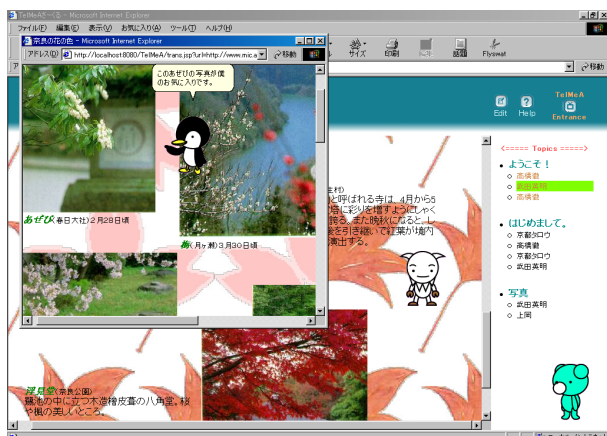


図4 インタフェースエージェントによるコミュニティ支援のメタレベル動作を実現することで、エージェント自身の自律性と開放型分散環境における柔軟性を高めた。

### 6.3 知識主体の自律的形成

知識がどのように形成されていくかという問題はきわめて幅広い問題であるが、ここでは個体における知識の形成でなく、集団的知識の形成に焦点を絞る。情報空間においては知識を担う主体は必ずしも個人個人である必要はない。ここでは一定の知識を保持するような集団も知識主体と考える。

集団的な場で発生する知識は社会的に重要である。このような集団的な知識形成は集団内の個人間と集団間の二重の意味で共生的である。

1. 集団内の個人間における知識の共生
2. 集団間における知識の共生

以下で述べる kMedia や TelMeA は1の個人間の関係であり、先に述べた知識 Alignment は2の集団間関係にあたる。

kMedia[12][13]は個人のブックマークから個人間の関係を見出すシステムである。ここではブックマーク上のフォルダー間の関係という形でユーザ間の関係が提示される。これによりユーザは単に URL 間の関係の提示より信頼するようになる、また反対にフォルダー間の関係から相手への興味をかき立てることがわかった。

TelMeA[14]ではネットワークコミュニティでのコミュニケーション支援のためにインタフェースエージェントを使うことでコミュニティとしての場を仮想的につくることをおこなっている(図4)。ここで興味深いのはいろいろな振る舞いや行動のタグをつけることで発話がより相互に関係しあう可能性があるということである。

これらはコミュニティの存在とその範囲はある程度与えられたものであったのにたいして、コミュニティ知識の発見はこれらと対照的にコミュニティそのものを発見する試みである[15][16]。ここでは情報源となるサイトのコミュニティを、情報源サイトを参照するページ群の構成から発見している。

## 7. おわりに

本稿では我々にとってより適切な情報流通を実現するために、知識共生という新しい概念を提案した。ここでは情報を作り出す過程と情報を利用する過程を明に取り込むため知識主体という概念を提案し、その知識主体のインタラクションとして情報流通が実現するというモデルを示した。知識は多様性と変化可能性を持つものであるため、整合的であることは保証されない。むしろ知識間の関係は不整合的であり、その不整合性を契機としてインタラクションが生じる。このインタラクションが知識を進化させていく原動力になると思われる。我々はこの知識主体間のイン

タラクションを実現するために静的関係、動的關係、人間間関係の3つの研究の視点を提示し、その研究課題を示した。

## 参考文献

- [1] <http://www.google.com/press/pressrel/3billion.html>
- [2] R. S. Patil, R. E. Fikes, P. F. Patel-Schneider, D. McKay, T. Finin, T. R. Gruber, and R. Neches. The DARPA knowledge sharing effort: Progress report. In Charles Rich, Bernhard Nebel, and William Swartout, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Third International Conference. Morgan Kaufmann, 1992.
- [3] Semantic Web Activity, <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [4] Toyoaki Nishida and Hideaki Takeda. Towards the knowledgeable community. In Kazuhiro Fuchi and Toshio Yokoi, editors, Knowledge Building and Knowledge Sharing, pages 155-164. Ohmsha, IOS Press, 1994.
- [5] Toyoaki Nishida, Hideaki Takeda, Michiaki Iwazume, Harumi Maeda, and Motoyuki Takaai. The knowledgeable community: Facilitating human knowledge sharing. In Toru Ishida, editor, Community Computing: Collaboration Over Global Information Networks, chapter 5, pages 127-164. John Wiley & Sons, 1998.
- [6] A. Ohsuga, Y. Nagai, Y. Irie, M. Hattori, S. Honiden: Plangent: An Approach to Making Mobile Agents Intelligent, IEEE Internet Computing, Vol. 1., No. 4, pp.50-57, 1997年
- [7] 野中郁次郎, 竹内弘高(著), 梅本勝博(訳): 知識創造企業, 東洋経済新報社, 1996.
- [8] 梅田勇一, 沢村一, 議論を社会的計算の基本メカニズムとするエージェントシステム, 第9回マルチエージェントと協調計算ワークショップ(MACC2000), 2000
- [9] 市瀬龍太郎, 武田英明, 本位田真一, WWWにおける情報源に関する知識の共生, 情報処理学会第124回知能と複雑系研究会, 2001.
- [10] R. Ichise, H. Takeda and S. Honiden: Rule Induction for Concept Hierarchy Alignment, The IJCAI-01 Workshop on Ontology Learning
- [11] 服部正典, 大須賀昭彦, 本位田真一: 開放型分散環境におけるプランニングモバイルエージェントアーキテクチャの提案, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J84-D-I, No.11, 2001
- [12] Hideaki Takeda, Takeshi Matsuzuka, and Yuichiro Taniguchi. Discovery of shared topics networks among people --- a simple approach to find community knowledge from www bookmarks ---. In Proceedings of the PRICAI 00, 2000.
- [13] 濱崎雅弘, 武田英明, 河野恭之, 木戸出正継, kMedia: ブックマークからの共通話題ネットワークの発見手法とその評価, 電子情報通信学会知能ソフトウェア工学研究会/人工知能と知識処理研究会共催研究会, 2001
- [14] 高橋徹, 武田英明: TelMeA: 非同期コミュニティシステムにおける Avatar-like エージェントの効果と Web ベースシステムへの実装, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.11, 2001
- [15] 村田剛志, 参照の共起性に基づく Web コミュニティの発見, 人工知能学会誌, Vol.16, No.3, 2001.
- [16] 村田剛志, Web コミュニティにおける構造モデル, 情報処理学会第124回知能と複雑系研究会, 2001.